Environment Canada Environnement Canada

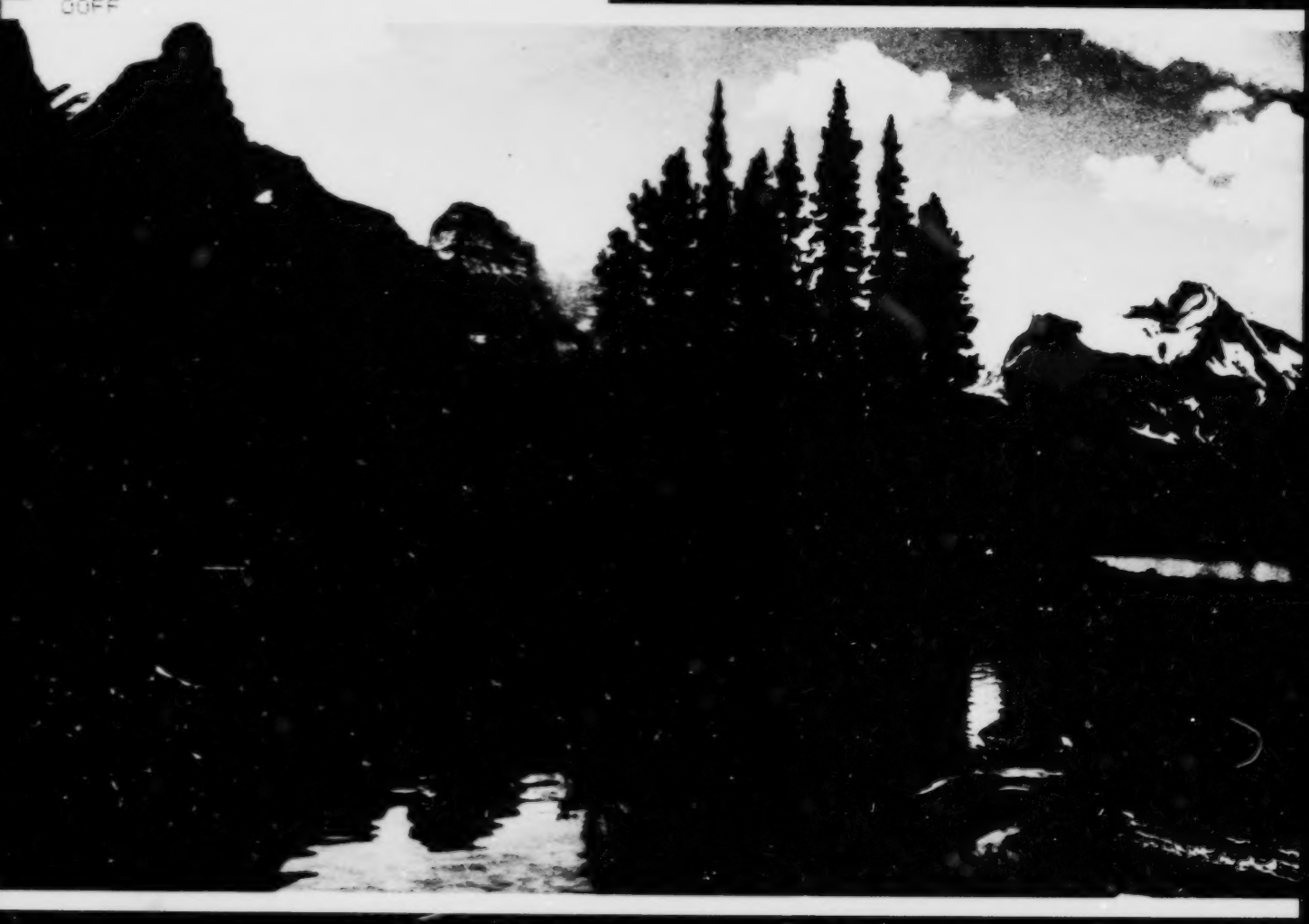
Environment Canada Environnement Canada

00274443 VOL ISS 4 1984
EXC # 001
TD 145 C36
TECHNICAL WORKSHOP SERIES

OOFF

Water Resources Research in Canada in the Late 1970s

A.R. Lefeuvre



TECHNICAL WORKSHOP SERIES NO. 4

INLAND WATERS DIRECTORATE
OTTAWA, CANADA, 1984

(Version française à l'endos)

Canada

85-0067/

Environment Canada Environnement Canada

Water Resources Research in Canada in the Late 1970s

A.R. Lefeuvre

TECHNICAL WORKSHOP SERIES NO. 4

INLAND WATERS DIRECTORATE
OTTAWA, CANADA, 1984

(Version française à l'endos)

Preface

This report provides an assessment of the current level and direction of water research in Canada, compares the results of this recent assessment with those of an earlier assessment conducted in 1966, and identifies emerging issues in water resources management as a basis for research in the future.

The assessment was designed not only to identify the emerging issues in water resources management, but also to determine where the problems are most severe, how they relate to the various research categories, where the gaps in knowledge are, and whether the research being conducted now provides the information that will be needed to address these issues.

While recognizing the need to clearly identify the total national picture, it was thought equally necessary and advantageous to identify those unique concerns and perspectives of each of Canada's regions. To this end, workshops were held in five cities from Halifax to Vancouver. In this way, in addition to becoming fully aware of the simple needs and issues in their own regions, water resource managers were made aware of similar and different needs in other regions, as well as national concerns and priorities. Thus, the national program can be responsive to these viewpoints and can address the commonalities which exist in each of the regions.

Abstract

A combination of mailed questionnaires and personal interviews was used to estimate the total effort (as expressed by dollars expended) for water resources research in Canada during the 1979-80 fiscal year. The results are presented for the four economic sectors - federal government, provincial governments, universities and private industry - in terms of dollars expended, who did the research and who funded it. Comparison of current (1979) resource allocations with those reported in a similar study by Bruce and Maasland (1968) entitled "Water Resources Research in Canada" provides an indication of the change in research funding during this period. Regional water resources management issues and associated research needs (current and future decade) identified in five regional workshops held across the country are presented. Research needs are summarized in 9 categories and 49 sub-categories.

Contents

Preface..... iii
Abstract..... iv
List of Tables..... vi
Introduction..... 1
An Earlier Assessment - 1966..... 1
Establishing the Level of Research Effort..... 2
The Current Research Effort..... 3
The Workshops..... 3
A Comparison of Research Efforts - 1966 vs 1979..... 5
The Changing Climate for Research..... 9
Emerging Issues..... 9
Conclusions..... 10

Appendix

I. Emerging Regional Issues in Water Resource Management
II. Emerging Issues Related to the Research Categories

Tables

Table 1 Source of Water Resources Research Funds - 1979..... 4

Table 2 Water Resources Research Expenditures - 1979..... 4

Table 3 1966 Funding for Water Resources Research Expressed in 1979 Dollars..... 6

Table 4 Comparison Between 1966 and 1979 Water Research Funds..... 7

Table 5 Percentage Distribution of Funding Among Categories in 1966 and 1979..... 8

Introduction

The wise management of water resources, a responsibility that is shared by all levels of government, requires knowledge based on data gathering and research. It is self evident that this research effort should be reviewed periodically to ensure that it is adequate and moving in the right direction.

The Inland Waters Directorate (IWD) of Environment Canada undertook such a review in 1979 to determine the current level and direction of research in water resources in Canada, and thus make it possible to identify the appropriate direction for future research efforts.

The review was national in scope and was undertaken in two phases. The first phase, designed to document the 1979 research effort, was undertaken by E.F. Durrant by means of a questionnaire and personal interviews. The second phase was met through a series of regional workshops, with the intent of gathering first-hand input from the water resources managers and research managers in the various regions of the country. This is where most of the responsibility for management resides. Also, the various regions are quite dissimilar, with many unique research needs.

Water resources research in Canada is funded or performed by four distinct economic sectors - the federal government, provincial governments, universities and private industry. The report reflects this shared input and differentiates between the research funded by each sector and the research funded by the sector but carried out by others.

In preparation for the workshops, and to provide a basis for discussion, three background papers were prepared for advance distribution. The first by E.F. Durrant was entitled "Water Resources Research in Canada: 1979/80". The second, by André Marsan and Associates was entitled "How to Get More Out of the Environmental Research Dollar". The third, by Dr. W.R. Derrick Sewell, was entitled "The Changing Context of Canadian Water Research".

An Earlier Assessment - 1966

This is not the first report on water resources research undertaken by the federal government. In 1968, the Science Secretariat published a report by Bruce and Maasland entitled "Water Resources Research in Canada". The current report can be considered a sequel to the 1968 report. Indeed, one section documents and discusses the trend of research effort since 1968.

The Bruce-Maasland report came at a time of awakening interest in environmental concerns generally, and helped to focus attention on water resources management concerns specifically. It was the first comprehensive summary of ongoing Canadian water resources research and, as such, provided an excellent point of reference. The extensive research and monitoring activities on the Great Lakes in the late sixties and early seventies were good examples of the heightened interest in water resources - especially water quality. The formation

of the federal Department of the Environment, the proclamation of the Canada Water Act, as well as major new federal research institutes at Burlington, Ontario and Winnipeg, Manitoba were responses to this interest. After more than a decade of growth and change, it was deemed appropriate to update the 1968 report, to review the decade past, and to once again look ahead to the decade before us.

The Bruce-Maasland report considered the same institutional sectors, i.e., federal and provincial governments, universities and private industry. It also established the categorization of research activity which was followed in this report. This categorization was originally adapted from one used by the U.S. Committee on Water Resources Research of the Federal Council for Science and Technology. The major categories adopted by Bruce and Maasland were:

1. Nature of Water
2. Water Cycle
3. Water Supply Augmentation and Conservation
4. Water Quantity Management and Control
5. Water Quality Management and Protection
6. Economic, Social and Institutional Aspects
7. Resources Data
8. Engineering Works

As with any attempt at categorization, many specific research projects did not fit neatly. Indeed, the trend toward multi-disciplinary studies made "fitting" especially difficult. Numerous alternative categorizations could have been considered, but to provide some continuity with the 1968 report, it was decided to follow the Bruce-Maasland scheme.

There is one major change from the above listing. In the intervening years since the 1968 report, the topic of environmental management and environmental impact assessment has become very important. For this reason it was deemed necessary to add a ninth major category entitled "Environmental Management and Protection". This category includes studies on the impact of lake level regulation and river regime changes on ecological systems. It also includes some economic and institutional studies.

Establishing the Level of Research Effort

The data compiled by Bruce-Maasland and by Durrant are an indication of the level of research effort as reflected in monetary budgets. However, the output of research effort is new knowledge. Since such an output is almost impossible to quantify, one must assume, on average, that the useful output (new knowledge) is roughly proportional to the quantifiable level of effort. This assumes that all research effort is equally efficient. This certainly is not the case.

For the purpose of this report it was assumed that, on average, the research budget allocated to a research category is a reasonable indication of level of effort even though it is not a very good indicator of output. The research budget is made up of several components which often are reported differently by different institutions.

The level of research effort reported by Bruce and Maasland was representative for the time period of the 1966-67 fiscal year, that is, April 1, 1966 to March 31, 1967. Because some agencies were on different fiscal years, the period is roughly calendar 1966 or the 1966 field season. The Durrant report was based on estimates of level of research effort during the 1979-80 fiscal year or roughly the 1979 field season. Thus, there is a 13-year interval between the two sets of figures.

Direct costs of a research project usually are readily apparent. These include salaries, operation and maintenance, and capital. Sometimes the salary costs must be estimated by multiplying person years by an average annual salary; operating and maintenance usually are accounted for on a project basis and capital cost is directly identifiable with the equipment used.

Indirect or overhead costs are not so easily identified. These include administration and common services such as library, major common-user facilities and housing. In some cases, quantification of the level of effort is further complicated by the provision of "free" services from other agencies. Some institutions spread these overhead items across the research projects on a pro-rata basis. In many cases, however, this major item is omitted from the reported costs.

The Current Research Effort

The Durrant paper contains a good estimate of the level of water resources research effort undertaken in 1979. The data base is admittedly incomplete. Anyone active in the field could, no doubt, identify specific omissions or incorrect categorizations. Taken in total, however, it is a good representation of current effort in monetary terms. The paper also helped to tie the workshop discussion to the earlier study. The inclusion of a complete description of the categorization was especially valuable. Data from the Durrant paper are provided in Tables 1 and 2. The figures in these tables differ slightly from the Durrant report because some additional data from British Columbia were added after his report was completed.

The Workshops

Each regional workshop started with the presentation of a key-note paper prepared by the IWD Regional Office. The purpose was to set the stage from a regional perspective, and identify some of the issues that should be addressed in the work groups. There was considerable variation among the key-note papers for the various workshops. The discussion that followed presentation of the key-note papers provided a solid basis for further discussion in the work groups.

The prime objective of the regional workshops was to bring together local representatives of the four institutional sectors, i.e., federal government, provincial government, universities and the private sector. Ideally there should have been an equal balance of the sectors at the workshops and in each work group. In actual fact, this objective was never achieved. Each sector was represented but not in balanced numbers.

TABLE 1 SOURCE OF WATER RESOURCES RESEARCH FUNDS-1979
(in thousands of dollars)

SOURCE	CATEGORY*									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	TOTAL
FEDERAL	310	6,840	490	710	14,520	910	1,160	1,610	2,610	29,160
PROVINCIAL	160	3,480	40	1,540	4,510	180	720	290	4,480	15,400
PRIVATE	-	1,200	20	20	1,740	80	110	1,760	1,120	6,050
UNIVERSITY	-	630	30	-	270	60	280	80	40	1,390
TOTAL	470	12,150	580	2,270	21,040	1,230	2,270	3,740	8,250	52,000

TABLE 2 WATER RESOURCES RESEARCH EXPENDITURES-1979
(in thousands of dollars)

NAME	CATEGORY*									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	TOTAL
FEDERAL	210	5,260	290	660	11,050	680	800	390	2,200	21,540
PROVINCIAL	-	2,860	40	1,630	2,710	620	600	280	4,380	13,120
PRIVATE	-	1,760	20	20	3,360	80	190	3,000	1,400	9,830
UNIVERSITY	70	2,610	260	150	2,810	140	540	880	460	7,920
TOTAL	280	12,490	610	2,460	19,930	1,520	2,130	4,550	8,440	52,410

*see Table 5 for clarification of category 100, 200, 300, etc.

In practice, the workshop attendees were divided into four work groups for detailed discussion. Work groups convened after lunch on the first day and reported back to the plenary after lunch on the second day. Thus, over half of the workshop was devoted to detailed work group activity. The work group structure was as follows:

WG-1 Water Resources Data and Hydrology
WG-2 Water Quantity Management and Engineering Works
WG-3 Water Quality Management and Impacts
WG-4 Socio-economic Concerns

It had been hoped that each work group would include representatives of all four institutional sectors. This, of course, did not happen, In most cases, however, at least two or three sectors were included. The important thing was that each participant was given ample opportunity to express his views. There was enough diversity to encourage discussion. The plenary session also provided an opportunity for input on topics not covered in a particular work group.

In the closing plenary each work group was asked to report back in about 10 minutes, which allowed about 20 minutes for discussion. The amount of discussion varied tremendously, but in each workshop there was no lack of time for this "wrap-up".

In hindsight, it is obvious that there should have been more representation from major water users, such as agriculture and fisheries, at both the federal and provincial levels.

The total attendance for each workshop ranged from 26 to 31. This was close to the target of 30, which was thought to be optimum for a workshop-type format.

A Comparison of Research Efforts - 1966 vs 1979

Because the categorization was not identical in the two reports, it may seem that a direct comparison cannot be made. However, even though the Bruce-Maasland study does not show any effort in environmental management and protection, it does not follow that work was not undertaken in this category. What it probably means is that this activity was incorporated elsewhere in the table.

Inflation has been a major economic factor during this time period so it is important to account for this in comparing the 1966 and 1979 data. Durrant acknowledged this factor as follows: "To convert a 1966 expenditure to a 1979 equivalent, it was assumed that $1 in 1966 is equivalent to $2.43 in 1979". This factor is taken from the implicit price index for gross national expenditures as reported in National Income and Expense Accounts. Table 3 has been prepared to depict the research expenditures for 1966 in 1979 dollars.

Table 4 displays and compares the research effort in 1966 and 1979 and shows that the total funding increased to $52 million in 1979 from $20 million (1979 dollars) in 1966.

TABLE 3 1966 FUNDING FOR WATER RESOURCES RESEARCH EXPRESSED IN 1979 DOLLARS
(in thousands of dollars)

NAME	CATEGORY*									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	TOTAL
FEDERAL (Plus Foreign & Other)	60	6,680	930	550	3,610	550	860	920	0	14,160
PROVINCIAL	0	2,300	100	170	710	90	150	20	0	3,540
PRIVATE	40	60	10	0	1,710	0	30	220	0	2,070
UNIVERSITY	0	490	10	0	110	40	0	20	0	670
TOTAL	100	9,530	1,050	720	6,140	680	1,040	1,180	0	20,440

*see Table 5 for clarification of category 100, 200, 300 etc.

TABLE 4 COMPARISON BETWEEN 1966 AND 1979 RESEARCH FUNDS
(in thousands of dollars and percent)

NAME		CATEGORY*									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	TOTAL
Federal	1966	60	6,680	930	550	3,610	550	860	920	0	14,160
	1979	310	6,840	490	710	14,520	910	1,160	1,610	2,610	29,160
	Change	250	160	- 440	160	10,910	360	300	690	2,610	15,000
	% Change	417	2	- 47	29	302	65	35	75	Large	106
Provincial	1966	0	2,300	100	170	710	90	150	20	0	3,540
	1979	160	3,480	40	1,540	4,510	180	720	290	4,480	15,400
	Change	160	1,180	- 60	1,370	3,800	90	570	270	4,480	11,860
	% Change	Large	51	- 60	806	535	100	380	1,350	Large	335
Private	1966	40	60	10	0	1,710	0	30	220	0	2,070
	1979	0	1,200	20	20	1,740	80	110	1,760	1,120	6,050
	Change	- 40	1,140	10	20	30	80	80	1,540	1,120	3,980
	% Change	-Large	1,900	100	Large	2	Large	267	700	Large	192
University	1966	0	490	10	0	110	40	0	20	0	670
	1979	0	630	30	0	270	60	280	80	40	1,390
	Change	0	140	20	0	160	20	280	60	40	720
	% Change	0	29	200	0	145	50	Large	300	Large	107
Total	1966	100	9,530	1,050	720	6,140	680	1,040	1,180	0	20,440
	1979	470	12,150	580	2,270	21,040	1,230	2,270	3,740	8,250	52,000
	Change	370	2,620	- 470	1,550	14,900	550	1,230	2,560	8,250	31,560
	% Change	370	27	- 45	215	243	81	118	217	Large	154

*see Table 5 for clarification of category 100, 200, 300, etc.

Table 5 shows the percentage distribution of funding among the categories in 1966 and 1979. The first thing one notices is a significant increase in the funding for research in water quality management and protection. It advanced from 30% of total funding in 1966 to 40% in 1979-80. This increase, together with the increase in overall funding (factor of 2-1/2) raised the expenditure from $6 million (1966) to $21 million (1979-80). This has been due to the large increase in federal programs. A large part of the federal increase in expenditure has been focused on the problems of the Great Lakes.

Another variation in Table 5 worth considering is the large drop in the relative importance of research on the water cycle, from 47% to 24%. Because of the increase in overall funding, however, there was actually a small increase in absolute terms, from $9.5 million in 1966 to $12 million in 1979-80. It is probable that the strong national concern for water quality in the past decade has been the cause of reduced emphasis on water cycle research.

Taken together, the increase in expenditure for water quality management and protection ($15 million) plus the expenditure for environmental management and protection ($8 million) account for 75% of the overall increase in water research funding from 1966 to 1979/80. The increase in research effort in all other categories has been limited to a relatively small amount. The concentration of funds and personnel on problems in these two categories, no doubt, reflect the priorities of governments during the past decade.

TABLE 5 PERCENTAGE DISTRIBUTION OF FUNDING AMONG CATEGORIES IN 1966 AND 1979

Expenditure Category		Percent of Total	
		1966	1979
100	Nature of Water	0.5	0.5
200	Water Cycle	47	24
300	Water Supply Augmentation and Conservation	5	1
400	Water Quantity Management and Control	4	4.5
500	Water Quality Management and Protection	30	40.5
600	Economic, Social, and Institutional Aspects	3	2
700	Resources Data	5	4.5
800	Engineering Works	5.5	7
900	Environmental Management and Protection	-	16
		100	100

The Changing Climate for Research

Durrant notes that the 250 percent increase in water resources research effort between 1966 and 1979 fell far short of the recommendations of the Bruce-Maasland report. One major reason for this shortfall was a general weakening of the Canadian economy. The environment, and especially water quality, was a high profile issue during this period. However, except for a major emphasis on the water quality of the Great Lakes, little increase in effort was possible. The research programs related to the Great Lakes were given added support by the signing of the Canada-United States Agreement on Great Lakes Water Quality on April 15, 1972.

The Agreement called for two major studies to be undertaken through the auspices of the International Joint Commission (IJC). The first one, a study of the water quality of Lakes Superior and Huron, was conducted by the Upper Lakes Reference Group. This was essentially an extension of a similar study conducted earlier on Lakes Erie and Ontario plus the International section of the St. Lawrence River during the period 1966-1969. The Upper Lakes Reference Group was formed in 1972 and submitted its report to the IJC in 1976. The second study was directed to pollution loads coming into the Great Lakes from land use activities. These diffuse, or nonpoint source, loads were identified as a significant, but poorly quantified, pollution load to the lakes. The Pollution from Land Use Activities Reference Group (PLUARG) was formed in 1972 and submitted its report to the IJC in 1978.

The Lower Lakes study was just getting underway in 1966 and represented a major research effort for the federal government and the Province of Ontario. In response to these needs, a major research centre, the Canada Centre for Inland Waters, was built and staffed at Burlington, Ontario.

These Great Lakes programs create a complication in the trend analysis discussed above. With only two data points (1966 and 1979), one is inclined to assume a straight line relationship between them. In fact, there has been a significant decrease in research since the mid-seventies. The two IJC references were completed during that period and the special research programs under the Canada-Ontario Agreement on Great Lakes Water Quality of 1971 also were completed.

Since the early seventies most research budgets have been held at constant dollar values or decreased. Even at fixed levels the ravages of inflation have caused a severe constriction in research efforts.

Emerging Issues

The emerging issues in water resource management can be grouped in several ways to indicate their relationship to other factors. The accompanying Appendix groups the issues according to two classifications: (i) the physiographic region in which the issue occurs, and (ii) the category of research to which the issue belongs.

In choosing a classification for grouping issues according to the region of occurrence, it was noted that the major physiographic regions used by Energy, Mines and Resources Canada, are influenced by significantly different kinds of water resource management challenges. The regions are, in order of size, the Canadian Shield, the Interior Plains, the Cordilleran, the Arctic Lowlands and Plateaus, the Hudson Bay Lowlands, the Appalachian, the Innuitian, and the Great Lakes and St. Lawrence Lowlands. We have adopted this same regional breakdown except for the Arctic Lowlands and Plateaus, Hudson Bay Lowlands and Innuitian regions, which have been grouped along with the northern extremities of the Shield, Interior Plains and Cordilleran regions under the general heading The North. The first section of the Appendix reveals the regional issues in detail.

Because much of the discussion at the workshops tended to follow the research categorization it was natural to follow that structure in the second entry in the Appendix. Relating the emerging issues to specific fields of research has the advantage of thus interfacing the issues with specific research activity, and conversely, providing a focus for the application of the new knowledge to actual needs of water resource managers.

Conclusions

The data and opinion gathering process of this exercise leads to several conclusions regarding water resources research in Canada. The more obvious of these conclusions are:

Unique Regional Issues: The input received from the regional workshops indicated very clearly that many water resource management issues are unique to a given region. For example, the Great Lakes Water Quality Agreement is unique to Ontario and the issues raised about the Fraser estuary are unique to British Columbia. It does not necessarily follow that the research needed to address the issues is similarly unique. For example, the study of toxic substances could be equally applicable to the Great Lakes and to the Fraser estuary.

It is important to keep the unique regional issues in mind when developing research programs which, in themselves, may be applicable generally. There must be an efficient and effective feedback to the regional water resource manager.

Multi-Regional Issues: A number of the important issues noted above are common to several or all regions. This broader area of concern can raise the priority of such an issue and more importantly, suggest a national rather than a regional response.

The Canada-wide, even worldwide, nature of the toxic substances issue suggests a national as well as regional approach to its solution.

The long range transport of airborne pollutants, by its very nature, is a multi-regional issue. Polluted air travels vast distances from source to area of impact and shows no respect for geographical or political boundaries.

Because the water resource management issues associated with the forest industries arise in each region, the research addressing these issues has wide applicability.

Almost all regions support agricultural activity. The kind of agriculture varies significantly from the prairie grain fields of the interior plains to the fruit farms of the Annapolis valley in the Appalachian region, but one common factor is the need for water. Indeed, agriculture is one of the major users of the water resource but most of it is supplied directly as rain or snow within the water cycle.

Shift to Water Quality Issues: The analysis of past funding trends illustrates clearly a major shift of research activity into the water quality and environmental impact areas. This is matched by a major reduction in water cycle research. Category 300, Water Supply Augmentation and Conservation, fell from 5% in 1966 to 1% in 1979.

If the resources allocated to Environmental Management and Protection were reallocated among the categories used by Bruce-Maasland by assuming 60% to Water Quality Management and Protection, and 40% to Economic, Social and Institutional Aspects, the former would rise to almost 50% of all resources while the latter would rise to about 9%. This reallocation demonstrates even more clearly the shift between categories over time.

Funding Trends: Total resources for all categories rose by 250% from 1966 to 1979 in constant dollars. This is a significant increase in 13 years. It is, however, more indicative of the very low resource level in 1966 than of a sufficient resource commitment in 1979. If the recommendations of the Bruce-Maasland report had been followed, the increase would have been ninefold.

Federal support for water resources research more than doubled in 13 years from $14.2 million to $29.2 million, whereas provincial support quadrupled during the same interval from $3.5 million to $15.4 million.

I. EMERGING REGIONAL ISSUES IN WATER RESOURCE MANAGEMENT

1 The Cordilleran Region

The Cordilleran region is about 800 km wide and 2500 km long and includes the greatest complex of mountain systems and plateaus in Canada. The rocks range in age from Precambrian to Cenozoic. Two mountain systems dominate: the Rocky Mountain Area on the east and the Coast Mountain Area on the west.

The region is Canada's largest producer of lumber and possesses a sizable pulp and paper industry. Although there is little cultivable land, dairy and fruit farming are important, for example in the Okanagan and Lower Fraser valleys. Irrigation is carried out extensively in parts of the interior which, in contrast to the humid coastal regions, even reach desert conditions in marked rain shadow areas. Hydro-electric power potential is great, and one of the major issues identified within this region was associated with development of this potential.

1.1 Hydro-Electric Power

British Columbia, through its provincial government energy policy, is committed to a program of development of the hydro power resources of such rivers as the Peace, Columbia, Stikine-Iskut, Liard, Homathko, etc. Since most of these rivers are located in remote regions of the province where hydrologic data on streamflow, climatology, suspended sediment, ice, and water quality are generally non-existent (or at best of short duration), the collection of such data is of paramount importance. Research studies are urgently required in all of these categories to provide information required for the design of projects and for environmental impact assessments. The issue is data needs and impact models.

1.2 Multiple-Use

With expanding development, multiple watershed use becomes a necessity. Logging, mining, agriculture, fisheries, urbanization, water supply, highway construction, and recreation are only some of the conflicting uses which have an impact on the watersheds. The Fraser Estuary, which is an important water resource management issue in British Columbia, serves as but one example of the problem.

As indicated above, the mountainous relief of the Cordilleran provides a minimum of land suitable for agriculture and urban development. One of the largest areas of such a character is the delta and estuary of the Fraser River. The City of Vancouver and the majority of the population are located in this area. The

estuary is the basic resource for a multitude of often conflicting uses. It is the gateway to the upper Fraser for the migration of salmon. It is the terminus of downstream bound logging operations. It is a major waterfowl habitat and also the receptor for liquid wastes from local municipalities and industries. The marsh lands of the delta are an attractive site for land development. The steep slopes of the drainage basin and the low relief of the delta make it especially susceptible to floods. Reservoirs upstream help to lessen the threat of flooding and also produce hydro power. Unfortunately, they also make it difficult for salmon to reach upstream spawning grounds.

Water quality degradation reduces the suitability of water as habitat for fish and waterfowl and for recreation. Industrial and residental development bring changes in the quality and quantity of the drainage. Decreased average permeability due to paving and roofing increases the runoff, and the quality of the runoff is degraded even in separate storm sewers. Point source discharges from waste treatment plants and industries add to the problem.

The inter-tidal habitat plays an important role for waterfowl. The importance of these areas for salmon is not well understood. Strong pressures exist to dredge and fill such areas for industrial and residential development.

Logging activities have been an important industrial enterprise in the estuary for many years. This use, however, can have deleterious impacts on other uses such as fisheries and waterfowl. The processes involved are not easily understood.

The descriptions of multiple and conflicting water uses as noted above for the Fraser Estuary could equally be ascribed, in part, to many other water resource management sites. The issue is methods of managing multiple-use water resource systems.

1.3 Eurasian Water Milfoil

The recreational and esthetic values of some lakes are being degraded due to the proliferation of exotic vegetation. Eurasian water milfoil was introduced to North America accidentally and has spread rapidly to infest many freshwater systems. This problem is especially serious in the Okanagan system. Chemical, biological and mechanical control methods are being investigated. The issues are the economics of milfoil control and the impact of control on water quality.

1.4 Inter-basin Diversion

Although there are no plans at present to divert water southward to the U.S., there are plans for inter-basin transfers of water within the region. Two such diversions currently under

investigation include the Kootenay Diversion and the McGregor Diversion projects, which contemplate diverting southward flowing rivers north.

A major concern with inter-basin transfer is the possibility of introducing foreign biological species which could upset the ecological balance of the receiving basin. Such concerns were a significant point of contention in the massive Garrison Diversion proposal into the Red River watershed. The issue is the socio-economic and environmental impacts of inter-basin transfer of water resources.

1.5 Flooding

Flooding is a very serious problem in the Cordilleran region. Steep, impervious slopes and cultural development in the flood plains of narrow valleys combine to produce recurring flood damages. Structural and non-structural solutions must be sought to reduce these losses.

The key to short-term flood flow prediction is reliable meteorological forecasts, particularly quantitative precipitation forecasts on a watershed basis. Coastal mountain watersheds are especially difficult to forecast and require considerable research effort. The short-term issue is real time data for flood forecasting, but the long-term issue is flood damage reduction by non-structural measures.

1.6 Forestry

The vast forest covering the lower slopes of the Cordilleran region is a major economic resource. The harvesting of the resource, however, can have serious consequences for water resource management. Clear-cutting on steep slopes may make it impossible to re-establish the forest for future generations. In this sense forestry cannot be considered a "renewable" resource.

Clear-cutting of large areas of a watershed can produce significant changes in the rainfall-runoff relationships and increase flood flows. Research is needed to enable predictions of these effects so that pre-, and post-cutting streamflow records can be reconciled for hydrologic time series analysis.

Chemical spraying of forests for insect control can have serious impacts on aquatic biota. Water quality is also affected by increased sediment loads associated with logging operations, especially clear-cutting on steep slopes. The issue is integrated renewable resource management.

1.7 Irrigation

Intensive agriculture in some of the interior valleys is turning increasingly to irrigation because of the "rain shadow" effect of the coastal range. This activity is important to water resource managers both in terms of water supply and consumption, as well as water quality degradation from return flows. Much of this agriculture is of high value, such as fruit growing in the Okanagan Valley, so that a significant research effort would be economically justified. The issue is competing demands for water resources and increased efficiency of irrigation.

1.8 Ground Water

The aquifers underlying the valley lands are a major source of water supply for a multitude of uses. The close relationship between the aquifer and the river system requires new management procedures to reconcile conflicts regarding withdrawal rights. These conflicts will intensify in the future as major withdrawals for irrigation and other uses increase. The issue is management of competing uses of ground water.

2 Interior Plains

The water resource on the plains has some significant characteristics which are important in the discussion of issues, specifically:

(1) Water flows from the mountains to the east and to the north.

(2) The eastern flows go through three political jurisdictions each of which controls the water resources in its area. The federal government also shares certain responsibilities, particularly where the north/south situation of rivers causes them to cross the international boundary between Canada and the United States. They then become boundary waters by definition under the Boundary Waters Treaty of 1909.

(3) The southern watersheds are generally populated (in contrast to the north) and attractive to economic development.

(4) The southern watersheds are subject to periods of recurring, and sometimes prolonged, drought.

(5) Water shortages and water diversion opportunities do exist. Most of the diversion opportunities are in the Province of Alberta.

In general, it is expected that there will be an increase in population with influx of the labour force, particularly in the energy and resource sectors, and a trend towards urbanization.

Economically, the major job producers will be secondary industries; food processing industries; mining operations; renewable resource industries. All the above will have impacts on the environment and in particular, the water sector.

2.1 Water Scarcity

Intensive use of the fertile soils in the south for agriculture has transformed the face of the land by the damming of rivers and creation of many small local lakes and reservoirs for water conservation, irrigation and recreational purposes. Issues related to these concerns are important in this region. In particular, soil salinity and its effects on agricultural production and water usage was identified as an issue. The Interior Plains Region has remained a constant challenge. Drought years in the 1930s were disastrous to farmers and technological and institutional modifications had to be made. The prime federal response to this crisis was the creation of the Prairie Farm Rehabilitation Administration (PRFA) to control and coordinate federal efforts to meet the needs of Canada's prairie agricultural community. The Prairie Provinces Water Board, which oversees the sharing of water within the three prairie provinces, was a further major step.

While many advances have been made since the thirties in ways to reduce the impact of drought through river basin planning and management and better agricultural and relief practices, the threat of drought remains an issue. The ability to forecast periods of drought, in particular, and water shortages in general, are areas requiring unique attention in this Region. Options will have to be considered for management of drought-prone areas as well as developing long-term water supplies which are not subject to periodic disruption by drought.

2.2 Energy vs Agriculture Water Demands

In terms of consumptive use, the two competing sectors will be energy and agriculture. Not surprisingly, these two economic sectors will also have the greatest impact on water quality.

The tar sands and heavy oil resources will require vast quantities of water to produce usable crude oil. Unfortunately these demands occur in regions of water shortage. Water used for these purposes will reduce the quantity and quality of water available for agricultural purposes. The issues are resource conservation and equitable sharing of available resources.

2.3 Water in Agriculture

Competing demands for the available water supply will require increased efficiency in agricultural water use. This will apply to both precipitation and irrigation.

The water reaching the land as rain or snow is a precious resource which must be used efficiently. Current practices, such as snowdrift management and summer fallow, must be reviewed, and new methods developed to optimize the use of this resource.

Irrigation is an essential activity in some agricultural areas in this region. The delivery efficiency of these systems must be increased to provide the maximum amount of usable water to the crops in the field. Phreatophyte and seepage control will be required. A significant amount of irrigation water seeping from canals causes waterlogging and salinization of the soil.

A third issue of major concern is soil salinity control. In some locations a significant amount of irrigation water is used to flush the salts from the top soil. In other cases, salt-tolerant species have been developed. The initial quality of irrigation water is an important factor in the build-up of salts in the soil. A watershed approach is required with emphasis on ground water management to keep salt concentrations low in the sub-soil and to control and reclaim saline seeps. The issue is improvement in food supply through increased efficiency of water use.

2.4 Diversions

The geographical mismatch of water supply and water demand suggests a variety of inter-watershed diversions. As these large or small schemes are considered, the long-term impact must be evaluated. The introduction of biological species and their parasites or diseases into the neighbouring watershed is an especially important problem. The issue is the development of socio-economic benefit/cost analyses which include damages in the receiving basin and upstream losses in the donor basin.

2.5 Ground Water

Ground water is a major source of supply throughout most of the Interior Plains. Emerging concerns with this resource relate to deep well disposal of waste, artificial recharge of shallow aquifers, shallow ground water flow patterns and management of ground water for irrigation. The issue is management of the ground water resource for competing uses.

3 The Canadian Shield

The Canadian Shield is the largest physiographic region in Canada. It occupies almost half of the total land area. It includes most of Ontario and Quebec and major portions of Manitoba, Saskatchewan and the Northwest Territories. This highly contoured and lightly mantled region is dotted with lakes of all sizes which comprise an immense surface water resource. The geology and

topography of the region has encouraged mineral extraction and hydro-electric development. Forestry also is a major industry. The Shield has remained unattractive to farmers, even though relatively small districts in the clay belt have been settled. Lack of suitable soil, a harsh climate and lack of accessibility to northern areas are factors which lessen settlement of this area.

3.1 Mining

The very old geologic age of the Shield provides an excellent source of a wide variety of minerals for commercial extraction. These mining operations and the associated milling and smelting produce many polluting by-products. Slag heaps and the aftermath of years of air pollution have laid waste many thousands of acres in the region.

Leachate from slag disposal has an impact on water quality. Pollutants in the air are washed out or settle as dust. Waste water from a variety of ore processing operations contaminates surface and ground water. The issue is mining waste management.

3.2 Acid Rain

The granitic surface geology of the region provides very little buffering capacity for surface waters. This makes these lakes very susceptible to the impact of acid rain. Thousands of Shield lakes have been killed, from a biological point of view, by acidification. The socio-economic impact is enormous because these lakes support a very large recreation industry based largely on fishing. The Great Lakes are not threatened yet because of their large buffering capacity, but localized acidification occurs during spring runoff of acidified snow and some young-of-the-year fish are affected. The issue is air pollution control on a continental scale.

3.3 Forestry

The forest industry and associated pulp and paper operations are significant sources of water pollution. Waste effluents from mills are important point sources of pollutants. Timbering operations can increase erosion and the release of sediments into rivers and lakes. Insect control by the use of chemical pesticides contributes to the pollution of surface waters and can seriously affect fish and wildlife. The issues are the same as for the Cordilleran region.

3.4 Hydro Power

The surface water resources of the Shield provide a large potential for hydro-electric power generation. The huge James Bay

development in Quebec is an example of the magnitude of potential projects. Many other sites are being considered, such as the rivers draining into Ungava Bay, and the North Slope watersheds in northern Ontario and northern Manitoba.

Hydrologic data are sparse and possible environmental consequences almost totally unknown. Power transmission over such long distances to load centres is a major technological challenge.

The experience of the James Bay mega project in Quebec should be applied to other proposed developments, especially in the area of potential environmental impact. This will require a continuing monitoring of ecosystems in the La Grande watershed and James Bay to calibrate the models which have been developed to predict impact.

3.5 Disposal of Radioactive Waste

The very stable and deep geologic mass of the Shield makes it a prime candidate area for the long-term disposal of high level radioactive waste from nuclear power generation. Many perplexing questions remain to be answered before such a use can be approved. The low population density in the northern part of the Shield is an added attraction. The issue is ground water contamination.

4 The Great Lakes - St. Lawrence Lowlands

This relatively tiny region is tremendously important because it is the location of most of Canada's industrial development and over half of the population. It includes the megalopolis stretching from Windsor, Ontario, to Quebec City which is home to most of the population of the provinces of Ontario and Quebec. It is the industrial heartland of Canada and is blessed with the world's greatest fresh water resource - the Laurentian Great Lakes watershed.

The portion of this region in Ontario is dominated by the Great Lakes and their connecting channels. Most water resource management issues here have an international component. The portion of the region in Quebec is dominated by the St. Lawrence River, which is an international waterway but, in the Quebec reach, is wholly Canadian.

The Great Lakes are an important natural resource, providing benefits vital to the economies of both Canada and the United States in the form of municipal and industrial water supply, power generation, navigation, irrigation, fishing, etc. Exploitation of some of these uses, however, has not been without impacts on others and it is these conflicts which have given rise to water resources management issues.

4.1 Toxic Substances

Probably the most pressing issue in the Great Lakes is that of toxic contaminants because of their persistence, their tendency to bioaccumulate and their potential impact on human health. Many of these substances have already been identified in lake sediments and biota (including man) at concentrations high enough to warrant the implemented control programs and to require the careful monitoring of lakes, fish and foods which is now underway.

With respect to persistent toxic substances the only acceptable management option is control at source (i.e., zero discharge). At present, for many of these substances this is both technologically and economically unfeasible. There is an urgent need for better pre-screening technologies, better inventories of these substances and better means of detecting them at an early stage in the environment before their impacts reach crisis proportions as has happened in the past, for example, with DDT, mercury, and PCBs. Several bans or restrictions have been implemented in the fishery as a result of these substances.

This existing pollution which has accumulated over the years has left serious problems in several areas that will demand continued attention even after the major sources of contamination have been eliminated. Energetic programs for assessing the effects of contaminants on water resources and the early detection and control of "new" pollutants must be continued if an environment relatively free of contaminants is to be obtained and water resources are to provide their full potential to the basin's population. The issue is better management of toxic substances.

4.2 Lake Level Regulation

Variation in water levels and flows is a concern in the Great Lakes System. The natural, self-regulating characteristic of this system of huge reservoirs gives shore property owners a false sense of security. Normal short-term variation in levels and flows is much less than for most other river and lake systems. Prolonged periods of above or below normal rainfall, however, can produce high water years and low water years which occur on a frequency measured in decades.

These extreme conditions, coupled with storm events, have caused extensive erosion and inundation losses. Low water extremes impact on navigation and hydro power generation. In spite of these serious impacts, extensive studies of the system have concluded that further artificial regulation of levels and flows is not economically justified. Local structural and non-structural solutions to these losses must be developed.

Furthermore, in terms of land use, owing to changing public and policy attitudes, there is simultaneously a higher value being placed on the preservation of shorelands, including the remaining wetlands in Ontario, and greater pressure to destroy them. Ontario Region is concerned about physical reductions and deterioration in shoreline fish spawning and nursery areas and waterfowl habitat through marsh drainage, excessive sedimentation and pollution. Most of the marshes adjoining the lower lakes have been lost; those not in public ownership as parks and wildlife areas soon will be lost. The issue is how to manage hazard lands and areas of ecological sensitivity.

4.3 Management of International Waters

Water resources management in the region is very much characterized by an international flavour because of the Great Lakes which are a vital resource and major responsibility of two countries. The international nature of the Great Lakes requires that each jurisdiction be free to develop its own program to achieve common goals as expressed in the 1978 Canada/United States Great Lakes Water Quality Agreement. The phosphorus control programs in Canada and the United States reflect different approaches to the same goal. Likewise the two governments have used somewhat different approaches to control and to limit the introduction of toxic substances. The issue here is to develop bi-national coordination and concerted action in restoring and maintaining the integrity of the waters of the Great Lakes Basin ecosystem without sacrificing jurisdictional autonomy.

4.4 Eutrophication

Major nutrient control programs for phosphorus in the Great Lakes Basin have been implemented by both countries for point source discharges, and new target loadings for phosphorus have been established in each of the Great Lakes (1978 Can/U.S. Agreement). More recent studies have indicated that non-point sources, including the atmosphere and land drainage, are a significant source of phosphorus loading to the lakes. Future management strategies must take these into consideration. In addition, while the phosphorus/eutrophication issue has been addressed on a basin-wide basis, future options must include management, possibly using a blend of strategies, on a smaller, localized basis.

4.5 St. Lawrence River Navigation

The St. Lawrence River remains the most important transportation corridor in the region. The establishment along its shores of large industrial complexes serviceable by ocean transport, yet easily accessible to both North American and European markets, is expected to increase. Year-round navigation currently extends upstream to Montreal. There is considerable pressure, especially

from U.S. interests, to provide year-round or at least extended season navigation for the entire system. This raises many environmental and flow control issues.

Winter navigation in the river above Montreal would provide significant economic benefits to Great Lake ports, especially those in the United States. Such a scheme, however, could have very serious consequences to hydro-electric interests and also to the ability to manage outflow and water levels. Canada must be well prepared technically to critique U.S. proposals.

4.6 Flooding

Although tributary rivers have been important to the development of the region, they have also brought flooding problems, particularly in spring. The northward flowing rivers of the south shore, and the Ottawa River system around the Montreal area, annually give rise to several million dollars of damage. The Great Lakes tributaries in Southern Ontario have similar flooding problems.

Accelerated programs of agricultural land drainage have raised questions regarding the impacts of this practice, including increased flood risks, and water quality problems. Coupled with this is the acute problem of pig manure disposal to watercourses. As a preliminary control step, the Government of Quebec has proclaimed a moratorium on the establishment of new pig-raising operations in Quebec.

Flooding problems have been addressed by both structural and non-structural programs. The River Basin Conservation Authorities in Ontario are engaged in a major program of flood control and hazard land designation. This is supported by the Federal Flood Damage Reduction program. Quebec has joined the federal government and Ontario in a joint effort to reduce flooding by the Ottawa River through coordinated control of the storage capacity of the series of hydro-electric reservoirs in the watershed.

4.7 Diversions

Transfer of water out of the Great Lakes-St. Lawrence watershed has been proposed on a number of occasions. Neighbouring regions have coveted this massive fresh water resource during periods of localized water shortage.

Three interbasin transfers have operated for many years. Water flows out at Chicago 91 m^3/sec and in at Ogoki 127 m^3/sec and Long Lac (40 m^3/sec). The actual, current riparian consumption of water from the system is of the same order of magnitude.

Future, large-scale diversions may be proposed and Canada must be prepared technically to continually review and, if necessary, counter such proposals. Today the policy of government is "no water export". In the future it may be necessary to re-evaluate this policy in exchange for other economic benefits. An in-depth assessment of potential gains and losses is needed.

In any event, the consumption of water from the basin will continue to increase and hydro-electric interests and navigation interests will have to be prepared for resulting changes in levels and flows.

4.8 St. Lawrence River Pollution

The large dependable flow in the St. Lawrence has tempted riparian municipalities and industries to use it as a receptor of liquid waste. This has caused serious pollution problems downstream. The problem of pollution caused by municipal and industrial activities in Quebec has provoked a response from the provincial government. A coordinated program in which industrial and municipal pollution problems are resolved on a watershed basis has recently been implemented. This is presently envisioned as a $6 billion clean-up program scheduled over the next 10 years. This program will have a considerable effect on water-related issues in Quebec and will require efforts in wastewater treatment technology and operator training programs to ensure future treatment effectiveness.

4.9 Agricultural Drainage

This region contains some of the most valuable farm land in Canada. There is potential for large increases in agricultural production based upon land drainage. This is a costly process and may have serious environmental impacts. Recent studies of the South Nation watershed in southeastern Ontario are indicative of this kind of issue.

5 Appalachian Region

The Appalachian physiographic region includes all of the Atlantic provinces (New Brunswick, Nova Scotia, Prince Edward Island and Newfoundland) plus the Quebec south shore east of Quebec City. The topography varies from low mountains to lowland plains.

The island of Newfoundland is a continuation of the Appalachian Highlands. There are many peninsulas, bays, lakes and river basins on the island. About 8% of the surface area is freshwater. Total occupied farmland is only about 0.05% of the island's land area.

The coast of Nova Scotia is bold and rugged with excellent harbours. The Atlantic upland is a distinctive feature of the province, consisting of five detached fragments of uniform upland surface separated by lowlands and fertile valleys. There are many rivers and lakes.

About 14% of the total land area of Nova Scotia is occupied farmland with the most notable agricultural region being the Annapolis Valley.

New Brunswick has low, rounded hills and rolling uplands of moderate altitude. Much of the soil is rocky and arable land is scarce. There are many rivers.

Prince Edward Island's irregular coastline has large bays, long inlets, high cliffs and sandy beaches. Both climate and soil are well suited to mixed farming and about 66% of the province is occupied farmland.

In general, the Region is characterized primarily by its relationship to the ocean. All four provinces have major links to the sea and the impact of maritime climate affects most water resources in one way or another.

Inland water is an important resource, but it is vastly overshadowed by salt water or oceanic interests. In many cases the estuaries are of vital concern and the impact of changes in quantity or quality of the freshwater inflow is critical. The relatively small watersheds provide limited surface water supplies so that a significant portion of the drinking water is taken from ground water sources.

5.1 Estuaries Management

Estuaries are of special interest in the Region. Most of the population lives near the coast and usually on an estuary. The estuaries are seriously impacted by the inland waters flowing into them. The degraded quality of these inland waters affects the important shellfish industry, and sediment carried from the land causes navigational and flooding problems. The ocean tides, in turn, have a significant effect on flood stage in the lower reaches of the rivers. Thus, the Flood Damage Reduction Program must take storm tides into account.

Each of the many estuaries in the region presents a unique management problem. In most cases, several uses compete for the resource and have conflicting demands. The role of the freshwater inflow varies from place to place but usually is important in maintaining the balance between salt and fresh water required to support the biological population. Contamination of the freshwater supply is of special significance to many uses. Control of

pollutant loading must be exercised inland at the point of discharge. Population pressures will require protection of coastal marshes from dredge and fill land development. The fishery resource is so important to the Appalachian Region that any management scheme must give it a high priority.

One major difficulty in dealing with estuaries is jurisdiction. Being neither strictly fresh nor salt water, this region falls between the mandates of the Inland Waters Directorate of Environment Canada and the Department of Fisheries and Oceans. A similar jurisdictional problem occurs at the provincial level and between the federal and provincial governments. It was noted that in some cases one Department has the responsibility to manage while another Department has the tools.

Tidal power is a feasible alternative energy source in some locations. The massive structures of such a project may interfere seriously with other uses of the water resource such as fish habitat and recreation.

5.2 Forestry

Forestry is a very important industry in this region. Newfoundland is estimated to have almost 88 000 km^2 of productive forestland which support a thriving pulp and paper industry. Forests cover almost 80% of Nova Scotia and 86% of New Brunswick.

As in other regions, the forest industry involves insect control with its resultant pollution of surface water, and the waste effluents from pulp and paper mills. Solutions to these problems will have applications in most regions of the country.

The pesticide problem can only be controlled by the development of new insect control methods which are less harmful to the aquatic ecosystem. A reliable estimate of the dollar cost of pesticide-related pollution would help to place the potential forestry loss in perspective for the political decision-makers.

5.3 Mining

Coal is the most important mineral resource in the region. Other mineral deposits include gypsum, barite, and salt. Acid mine drainage and seepage from slag and tailings cause water quality degradation.

Peat is an important quasi-mineral resource which is being developed. The hydrology of peat bogs is poorly understood and the "brown water" associated with them creates problems for water treatment processes.

5.4 Resource Data Collection

The remoteness and inaccessibility of some hinterland locations make resource inventorying difficult and expensive. The lack of water resource data (especially in Newfoundland and Labrador) is similar to the northern parts of the other regions. One difference is the rapidly varying topography. Once again, the "need to know" and some quantification of the "cost of ignorance" would be helpful. This problem is compounded, in the case of hydrologic data by the fact that what one really needs is a long time series. Past data cannot be recovered at any price, but new stochastic techniques are helpful in this regard.

5.5 Ground Water Management

Ground water is a vital resource in the Appalachian region. Management of both quantity and quality is required. Withdrawal rates and interwell interference may be problems requiring new analytical and predictive modelling techniques. The movement of contaminants with ground water flow needs additional study and management of solid and liquid waste disposal sites must be undertaken. The fractured rock character of region aquifers poses special management problems. The proximity of most urban areas to the ocean provides the potential for salt water intrusion into fresh water aquifers.

Ground water may be a usable energy source. This hot ground water (geothermal energy) might be used for space heating or agriculture. Potential impact on other ground water strata and the disposal of waste water must be evaluated.

5.6 Institutions for Water Management

The multi-provincial nature of the political structure presents special problems of jurisdiction. Even within a given province, responsibilities are split between several departments. Some joint, regional resource planning between jurisdictions has already been initiated. An important role for the federal government is to encourage and facilitate such regional initiatives.

One institutional arrangement suggested at the workshop was the establishment of drainage basin water authorities. This procedure has been successful in Britain and also in Ontario. The drainage basin is a very logical choice as a management and jurisdictional area because it ties together the upstream - downstream interests along with all of the water-related land uses. The major difficulty is in deciding how much authority and autonomy such a body should have. As in several other regions, research on institutional aspects is urgently needed.

6 The North

The North and far North are composed of a variety of land forms including the Canadian Shield, the Hudson Bay Lowlands, the Interior Plains, the Cordilleran, and the Arctic Lowlands and Plateaus. Vastness, remoteness, a harsh climate, scarcity of population, and a wealth of mineral and hydrocarbon resources are some of the main characteristics of this region. In essence, many of the fundamental environmental management problems facing Canada today are associated with development in the North. In this region the contradictory or overlapping goals of resource development, largely in the energy sector, social development, short-term profitability, and long-term viability, are particularly evident.

Already, extensive hydrocarbon drilling has taken place from ice platforms in the Arctic Archipelago, from artificial islands in the Beaufort Sea and from conventional platforms in Hudson Bay. Various pipeline routes have been proposed to transport the gas to various centres in the South.

Although a considerable amount of new knowledge, including baseline data, will be required for wise management of the water resources of this region, the very remoteness of this area makes acquisition of this knowledge extremely difficult because of problems associated with accessibility and logistics. Understanding of functional relationships in northern systems is very limited.

6.1 Inter-basin Transfers

Proposed interbasin transfers from this region to the south are an important issue. With the north-south orientation of the rivers there is both the opportunity and the pressure to divert water from northern regions to the more populated and developed regions of the south. Before this occurs, the future water uses in the North must be understood. By running water southward, constraints will be released in the south and activities will locate in the south that may otherwise not exist or could possibly locate in the North. Management decisions must be based on a good understanding of how northern systems operate.

The Northwest Territories on the other hand, being a downstream jurisdiction, is concerned that development in the headwaters located in British Columbia, Alberta and Saskatchewan may have adverse effects on the quality and quantity of waters in the Territories.

6.2 Population Increase

The further development of this region will greatly increase population and the problems associated with human activity. A year-round supply of water for drinking and other municipal purposes

is scarce in some parts of the region. Similarly, the climate requires novel approaches to the treatment and disposal of waste waters.

6.3 Hydro Power

The development of hydro power on the Mackenzie-Liard watershed poses special problems because of the northern climate. The possible impact of large alterations in the flow regime downstream on very sensitive and fragile Arctic ecosystems is poorly understood.

7. Multi-Regional Issues

The discussion above focuses attention on the individual regions of Canada and the water resource management issues associated with these regions. It becomes obvious, however, that a number of important issues are common to several or all regions. This broader area of concern can raise the priority of such an issue and, more importantly, suggest a national rather than a solely regional response.

7.1 Toxic Substances

The issue of toxic substances was listed specifically in the Great Lakes-St. Lawrence Lowlands region, but clearly, the problem exists in all regions. It is not surprising that this issue should manifest itself first and most acutely in this region because of its high population density and industrialization. The Canada-wide nature of this issue suggests a national approach to its solution. Indeed, the federal government has established a major program to address the issue in cooperation with the provinces. Major research programs within several departments of the federal government are underway to augment the similar programs of the provinces and other economic sectors. The results of the research will be generally applicable in all regions. It is hoped that the less developed areas of Canada will benefit from the past mistakes made in the Great Lakes-St. Lawrence Lowlands region.

7.2 Airborne Pollutants

The long range transport of air pollution, by its very nature, is a multi-regional issue. Polluted air travels vast distances from source to area of impact. This movement does not recognize geographical or political boundaries.

The federal government has taken the lead in developing a coordinated, Canada-wide program. The international character of this issue made it especially necessary for federal involvement. It is particularly serious in the Canadian Shield and Appalachian regions because the surficial geology does not provide sufficient buffering capacities to the surface runoff to neutralize the acid load.

The increasing use of high sulphur coal for the generation of electricity can only intensify the issue. The U.S. policy of oil-to-coal conversion will add significantly to the acid rain problem in central and eastern Canada. Many scientific questions regarding impact and control technology remain unanswered.

7.3 Forestry

Canada is blessed with a massive forest resource which is distributed throughout most regions. The water resource management issues associated with the forest industries arise in each of these regions so that the research addressing these issues has wide applicability. The Forestry Service of Environment Canada supports a large research program in institutions spread across the country. This research supports the resource managers in the various provinces. Forestry research is seeking ways to reduce the impact on the water resource of such practices as insect control and logging operations.

7.4 Agriculture

Almost all regions support agricultural activity. The kind of agriculture varies significantly from the prairie grain fields of the Interior Plains to the fruit farms of the Annapolis valley in the Appalachian region, but one common factor is the need for water. Indeed, agriculture is one of the major users of the water resource but most of it is supplied directly as rain or snow. Irrigation from surface or ground water is increasing and several regions identified it as an issue. In some locations, growth is almost totally dependent on this source of moisture. Thus, agriculture represents an increasing demand for water resources, often in locations of limited supply.

As with almost all other uses of water, the portion returned to the watershed is degraded in quality and greatly reduced in quantity. Underflow from irrigation contains increased levels of dissolved solids as well as agricultural chemicals. The surface runoff from irrigated and unirrigated fields carries eroded soil particles along with chemicals which have been applied for fertilization and pest control. Bacteriological contamination from animal wastes presents another problem. This type of non-point source pollution was considered by the International Joint Commission study of pollution of the Great Lakes from land use activities.

Most of the water supplied to agriculture for irrigation is transpired by the plants or incorporated into the product. Thus, irrigation water is largely "consumed" in the process. This is quite different from, for instance, cooling water which is almost totally returned to the source. Water thus consumed is not available for reuse downstream. The nature and quantity of this

kind of demand must be considered in planning water using projects downstream. Hydro-electric installations will suffer significant economic losses which must be measured against the benefits of irrigation.

Much of the research on soil moisture and infiltration is of value to both agriculturalists and hydrologists. There is a need for closer coordination between water resource managers in the general sense and major water resource users such as agriculture.

7.5 Municipal Water Management

The satisfaction of the wants and needs of Canadians is the primary reason for water resource use and abuse. This relationship is seen most clearly in municipalities whose sole function is to provide services to people.

Municipal water supply usually is of the highest priority and physical constraints on this service can effectively constrain the growth of the municipality. The high value of drinking water has justified massive and long distance transport since the time of the Roman aquaducts.

Most of Canada is well supplied with water but in certain areas the quality of the water is a problem. Some well water has undesirable levels of dissolved solids and some taste and odour problems. Some surface water is degraded owing to prior use upstream. Some kinds of contamination can be removed by filtration and chlorination, but other toxic substances would require much more sophisticated treatment.

The other water-related function of municipalities is sewage treatment and disposal. In fact, most of the water drawn in as water supply is returned to the river basin in this way. Most cities have adequate treatment facilities to treat dry weather flow for removal of organic contaminants and suspended solids. Effluents from such plants still contain nutrients such as phosphorus. Stormwater overflows and bypasses pose a serious intermittent pollution load to receiving waters.

The continuing trend to urbanization will increase the demands for water supply and waste disposal.

Similar problems are encountered to a lesser extent in non-urban populations, e.g., rural communities and cottages that have significant localized effects on lake and stream water quality.

7.6 Recreation

Recreation is another activity which meets the need of Canadians directly. Many forms of recreation are water-related such as fishing, boating, swimming, or just viewing. In some cases, such

as water contact sports, the quality of the water is of direct and measurable concern. In other cases the aesthetic value of "clean water" is less quantifiable and can even relate to waters never actually seen by the individual, such as the Arctic ecosystems.

In the water-rich central and coastal regions of Canada, good recreational waters are taken for granted. In the Prairie Provinces, even limited recreational waters are of great local value.

7.7 Resource Data Collection

The primary requirement for management is knowledge of the magnitude of the resource and the characteristics of its spatial and temporal variability. The Water Survey of Canada (WSC) is dedicated to providing this essential knowledge. The provincial governments, in concert with WSC, participate in the acquisition of this information. In the Province of Quebec, the provincial government gathers the water resource data instead of WSC. The funds for operating gauges are provided according to uniform cost-sharing agreements. Users of these data include hydro-electric commissions and consulting engineers for a wide range of water uses.

The vastness of the country and its relatively sparse population make it very difficult and expensive to collect much of the data. Improved and automatic instrumentation is needed to increase efficiency and enable the monitoring of many remote river basins.

It will always be impracticable to field measure every river basin which might be of economic importance at some time. Thus, it is essential to develop techniques to permit the estimation of hydrologic data on ungauged watersheds. This technique is especially important because it is usually a long time-series of data that is needed. Historical data are unavailable at any price and simulated hydrology, calibrated to current conditions, is the only option available.

Flow under an ice cover and flooding due to ice jamming are common occurrences in the Canadian climate. Both of these phenomena are of interest not only because of the direct effect on the conveyance capacity of the river but also because instantaneous flow is inferred from a measured river stage or water surface elevation. The presence of an ice cover or ice jamming will modify this stage-discharge relationship and invalidate the flow estimate. Ice jamming can cause disastrous flooding in built-up areas and hamper hydro-electric power production downstream.

The phenomenon of spring break-up of the ice cover is related to ice jamming and needs further study. This is especially serious

in northward flowing rivers where the upper reaches break up while the downstream reaches are still solidly frozen.

7.8 Socio-economics of Water Management

Every water resource management option costs money, and affects people positively and negatively. Technical solutions must be assessed in their socio-economic context.

In most cases, water resource management is in the public domain, so the political process cannot be ignored. In fact, many decisions are primarily political, but they should be made with the support of the best available technical knowledge.

New techniques and procedures are necessary to improve our ability to interface the technical and socio-economic knowledge so as to provide the politician with the best possible advice in a form he can readily understand.

One of the most important tools in this regard would be a means of quantifying the social cost of pollution for comparison with the primary and secondary costs of pollution control.

8. Federal-Provincial Programs

The discussion of regional issues was categorized by geographical or physiographic description, but it must be remembered that this translates politically to provincial jurisdictions. Indeed, the Canadian Constitution maintains that the provinces have ownership of resources, including water.

Each province devotes significant resources to the management of its water resource. These managers will have to deal with the issues arising in the physiographic regions represented in their province. This will require a good two-way communication between federal and provincial managers and researchers.

In most cases, the federal role is supportive and provides research and resource data. In multijurisdicitional situations the federal government has a more direct responsibility. International boundary waters are a joint responsibility of the two senior levels of government. Issues arising in this context require a high degree of federal-provincial collaboration. Interprovincial waters also require federal involvement. The federal government and individual provinces have developed joint programs of water resource management under the Canada Water Act.

Studies such as those for the Okanogan and Fraser Estuary have been conducted under such arrangements. The Canada-Ontario Agreement on Great Lakes Water Quality is an example of an ongoing joint activity under the Canada Water Act.

II. EMERGING ISSUES RELATED TO THE RESEARCH CATEGORIES

Category — The Bruce-Maasland report established the categorization of research activity that has been followed in this report. A listing of these categories (and sub-categories) together with some explanation of each is reproduced at the end of this appendix.

100 **Nature of Water**

The 1968 report by Bruce and Maasland noted that category 100 was the only one in this categorization which could be called "pure" research. Indeed, if you move toward an application of this knowledge base you immediately move within another category.

101 **Properties of Water**

The workshop at Regina noted a need to better understand the thermodynamics of snow and permafrost. This could be included in 203, but there still is a need for basic research in a carefully controlled laboratory setting. The Halifax workshop identified the need for more knowledge of the dielectric, optical and mechanical properties of snow and ice. This knowledge would assist remote sensing techniques.

102 **Aqueous Solutions and Suspensions**

This sub-category is related to ground water contamination issues as noted by the Regina and Halifax workshops. Migration of potash and uranium through ground water is a concern on the prairies. Arsenic and uranium contamination of ground water in the Appalachian region is an issue. A better understanding of aqueous solutions and suspensions would aid in the above applied ground water studies. This basic research would find applications in most regions and should be developed at one or two centres for application to local issues.

200 Water Cycle

This category is concerned with the occurrence and movement of water in all phases of the hydrologic cycle. Because it is a cyclic process, water is a renewable resource to be used over and over again. An understanding of each phase of the cycle is essential to the wise management of the resource. As noted in the 1968 report, research of this kind received a big boost from the International Hydrologic Decade (IHD). The trend in recent years (post-IHD) has been a decline in Water Cycle research in favour of a major emphasis on water quality research.

201 General

Research involving two or more phases of the hydrologic cycle is included in this sub-category. This includes many interface problems, such as rainfall-runoff or surface water - ground water. This leads to hydrologic modelling. The Vancouver workshop saw a need for short-term and seasonal runoff forecasts and mathematical techniques for computing probable maximum floods.

The Regina workshop identified the need for specialized models for the North. Models to forecast parameters other than stream flow, e.g., soil moisture, are needed. Forecasts should be user specific, i.e., agricultural, flood control, waterfowl. The Toronto workshop noted also the need for models to extrapolate historical flow data and to transfer hydrologic data from gauged to ungauged watersheds. The Toronto and Halifax workshops noted the need for models applicable to peat lands.

202 Precipitation

This is the most easily observed, if not quantified, phase of the hydrologic cycle. It is also highly variable in space and time as well as in the form, such as rain, hail, freezing rain, and snow. It has been extensively studied. The extreme variability of topography in the mountainous Cordilleran region poses special problems in variability. Orographic effects dominate and there is a need to predict the elevation where rain turns to snow. Radar and remote sensing techniques are needed which will quantify precipitation. The Regina workshop pointed to the need for better instrumentation, especially for snow. The Toronto workshop noted the need for drought modelling with 3- to 6-month forecasts. The long range transport of air pollutants was of concern to all regions. The possibility of climatic change and its effect on precipitation needs further study.

203 **Snow and Ice**

Canada's geographic location makes this an especially important subject. Indeed, a significant and sometimes major portion of streamflow is derived from snow melt and glacier melt. The Vancouver workshop was especially interested in all aspects of glacier behaviour. Ice on lakes, reservoirs and rivers require additional study. Ice formation and break-up on rivers have a significant influence on levels and flows. Bank erosion and bed scouring related to ice also are of interest. Techniques and instruments for flow measurement under ice are required. In the prairies where most of the soil moisture comes from snow melt there is a need for snow cover management techniques. Snow making and recreational uses of snow are important areas of research. There is a need to study snow cover redistribution by wind, snow entrainment, deposition and sublimation in transit. The Toronto workshop identified similar needs and also infiltration during winter. A water quality problem related to snow and ice is the spring thaw acid shock caused by the rapid release of acid stored in the snow. This effect can be serious even in well-buffered lakes.

204 **Evaporation and Transpiration**

An understanding and quantification of evaporation and transpiration is essential to the management of water resources. It provides a "short circuit" in the hydrologic cycle by returning surface and ground water to the atmosphere. It is a major factor in the water balance for lakes and reservoirs. All regions expressed the need for a better understanding of these processes. The Regina workshop noted a particular interest in the transpiration by riparian vegetation along the banks of irrigation supply canals. The Toronto workshop was interested in the impact on evaporation rates of waste heat discharges into lakes and rivers.

205 **Streamflow**

The flow of water in streams and rivers is the predominant means of transport from watershed to lake or ocean. Next to precipitation, it is the most apparent phase in the water cycle. Many millions of dollars are spent to utilize streamflow or to protect against massive property damage due to flooding. Occasional periods of very low flow can have serious impact on important uses such as water supply, waste dilution, and transport.

All regions identified the need for better forecasting of extreme flow events. The Vancouver workshop noted a need for correlation techniques that would extend historic streamflow records for long-term estimates of hydro power potential. It also noted the need for better methods to detect sites for small-scale hydro projects. Several regions suggested

studies to predict the impact of major changes in streamflow regime on bed erosion, flood wave propagation and pulse-stable processes.

The annual spring flood backflow from the Peace River into Lake Athabasca was an example of a pulse-stable system. The water budget of Lake Athabasca includes an annual inflow from the Peace River spring flood. The set of channels connecting Lake Athabasca to the Peace River actually reverse direction when the Peace is in flood. This important backflow was drastically reduced when the magnitude of the spring flood on the Peace River was reduced by the Bennett Dam. Periodic flooding is not necessarily a bad thing.

The Regina workshop was interested in the effects of agricultural drainage on streamflow. The Toronto workshop noted a need for better methods for computing flood damage. What are the effects of agriculture, forestry, urban and industrial development on river regime? The Halifax workshop noted the need for a better understanding of the effect of tides on water levels and flows in estuaries. All regions sought the ability to transpose hydrologic data from gauged to ungauged watersheds. Great strides have been taken in the last few years to mathematically model streamflow but much remains to be done, especially in real time control methods such as telemetered water levels.

206 Ground Water

Ground water is a significant source of fresh water for domestic, industrial and agricultural uses. Its occurrence varies greatly in both quantity and quality. Many ground water reservoirs are recharged naturally by infiltration of surface water and therefore are renewable. Other ground water reservoirs receive very little or no recharge and, like oil or gas, are a non-renewable resource. Ground water flow is very slow so that any contamination will remain for a very long time. Because of this fact, water resource managers are especially concerned about anything that threatens to contaminate it. Deep well injection of wastewater, improper drilling practices and leaching from surface waste dumps, all have the potential to contaminate ground water.

The Vancouver workshop noted that we need more knowledge about the ground water contribution to basin runoff, and salt water intrusion into fresh water aquifers in coastal areas. The Regina workshop was especially alert to ground water research because of the relative scarcity of good surface water. Questions needing study included: ground water/surface water relationships for better allocation; feasibility of using aquifers to store surplus surface water by injection or water spreading; and impact of surface soil

conditions on recharge. What impact does the agricultural practice of field drainage have on the ground water regime? Another important question is the movement of contaminants through sub-surface formations. Can movement be managed to control potash, herbicides, fertilizer, and industrial waste dispersions?

The Toronto workshop noted many of the above research needs and also pointed to the need for better instrumentation for both quality and quantity. Improved models of ground water transport are needed. What is the role of ground water in modifying the effects of acid rain?

The Halifax workshop was especially interested in sub-surface flow in fractured rock as contrasted with granular aquifers. Another unknown was the effect of urbanization on the underlying ground water system. Most regions expressed concern for the general lack of data on the ground water resource.

207 Water in Soils

This major interface feature in the hydrologic cycle is important to hydrologists as it relates to infiltration. It is the prime concern for agriculturalists because it is the basis for all crop production. The hydrologist is interested in soil moisture as it affects rates of infiltration and thus the rainfall-runoff relationship. The agriculturalist sees soil moisture as the most important feature controlling transpiration, which is directly linked to plant growth.

The Vancouver workshop noted the need for research on soil moisture indices for hydrological modelling and the state of the soil as it affects infiltration and thus runoff. The Regina workshop suggested that this sub-category be expanded to include the active layer in permafrost regions. More research is needed to understand the infiltration process, especially in frozen ground and permafrost. Several regions supported the need for remote sensing techniques to map soil moisture. The Toronto workshop drew attention to the effect of soil moisture on slope stability. The Halifax workshop was especially interested in soil moisture studies in peat soils.

The range of interest in this sub-category was greatly enhanced by participation in the Agriculture Canada Research Branch Work Planning Meeting on the subject of water in agriculture. As noted earlier, the agriculturalist views soil moisture from quite a different view point than the hydrologist. Research topics relating to this sub-category included: physicists' perception of soil water research needs, effects of agriculture on water quality, water

management for coarse-textured irrigation soils, soil management for conservation of soil moisture, water management, soil erosion and compaction, and improved management of wet soils.

208 Lakes

Lakes are a dominant feature of Canada's water resources. Probably the most significant water resources research efforts in Canada to date are the studies of the Laurentian Great Lakes under the Canada-United States Great Lakes Water Quality Agreement. This multimillion dollar effort began in the mid-sixties and is still ongoing.

Although the Great Lakes are the largest, they are by no means the only lakes of significance. Manitoba, Alberta and the Northwest Territories have lakes which are among the largest in the world and many thousands of smaller lakes are scattered across the landscape from British Columbia to the Maritimes.

Large reservoirs behave like lakes and have similar problems. Hydro power developments in British Columbia have created many large reservoirs. The Vancouver workshop noted the need for research into reservoir regulation using stochastic flow derivations. Wave and seiche studies in reservoirs also are needed. Lakes in the prairies need special attention because they are very different from lakes in the mountains or on the Precambrian Shield. Small water bodies such as sloughs are very important to the ground water regime and as habitat for wildlife - especially waterfowl. Many larger water bodies have high salinity and only occasional outflow. They usually are relatively shallow with heavy aquatic plant life. There is a need for continuing research on the physical, chemical and biological processes in these prairie lakes and their status in the overall water budget. Prairie sloughs are a good example of competition between uses. Wildlife and naturalist groups want to preserve them as vital habitat. Agriculturalists see them only as uncultivable acreage and want to drain them to increase crop production.

In Ontario the dominant water resource is the Great Lakes. This major water resource system has been the focus of many research projects and is the subject of numerous Canada-United States Agreement. While much has been learned in the past 20 years, a number of important questions remain. For example, the fraction of the total phosphorus loading which is available for biological uptake is still unknown and the causes for the areas of anoxia in the hypolimnion of Lake Erie are still debated within the scientific community.

The Halifax workshop, like the Vancouver workshop, was very interested in impoundments and the impact they have on the ecosystem. Post-reservoir construction studies, as suggested in the Marsan paper, were recommended.

209 Water and Plants

In this sub-category, as in 207 Water in Soils, there is a marked difference in perspectives between the hydrologists and the agriculturalists. The Vancouver workshop noted a need for research on the interception of rainfall by plants and thus their impact on the rainfall-runoff process. Workshop participants were also interested in the role of plants in holding snow cover and managing wind drift. Further research on the impact of various cropping practices on ground water quality was suggested in the Regina workshop.

The agriculturalist, on the other hand, saw this subject as his raison d'être. The use of fall vegetation to control wind erosion and to manage snow cover is related directly to next year's crop. From either point of view, further research is called for.

210 Erosion and Sedimentation

Movement of sediment by flowing water results in many adverse effects. Soil washed from fields is a serious loss of top soil from farm land. This sediment causes serious problems as it is carried through streams and rivers. Localized erosion of river banks and shorelines can be particularly damaging to riparian land owners. Sediment is deposited in quiescent regions of streams and rivers. It finally ends up in lakes and reservoirs.

The sediment transport processes are not fully understood and new or improved models are needed to predict these processes more accurately. The impact of a dam on the regime of the river is important and often far-reaching. Deposition of the sediment in the reservoir may cause subsequent erosion downstream, as well as decrease the effective storage capacity of the reservoir. New and improved methods for measuring sediment transport are needed. Better methods for quantifying soil loss from fields are needed. More needs to be known about overland transport and the effects of changing land use such as clear-cutting, urban development and no-till corn production.

211 Chemical Processes

The chemistry of a body of water has a major impact on its usability. Changes in this chemistry can affect many elements of the ecosystem. All regions were concerned about the impact of acid rain on the water resources. Many other substances in precipitation also impact the chemistry. In

Lake Superior, for example, the phosphorus load from the atmosphere represents a very significant part (37%) of the total load.

The chemistry of ground water and the impact of pollutants need further study. Deep well injection and leaching from chemical waste disposal sites pose serious threats to this important water resource.

212 Estuarine and Coastal Zone Problems

Canada has a very long coastline which is further increased when the shores of the Great Lakes are included because they behave similarly. One of the important features of a coastal zone is the estuary. Most maritime communities are sited on estuaries and many aquatic life forms depend on the partly fresh, partly salt water conditions found there. The interaction of inland watershed with the ocean creates numerous water resource management challenges. What is the impact of reservoir construction on downstream estuaries? In some cases the reduction in sediment load has led to beach erosion. Shell fish are ruined as food because of pollutants coming from upstream and from the local municipalities. Conversely, tidal effects and storm surges contribute to flooding locally and upstream.

The Halifax workshop identified a non-technical problem with research and management of estuaries. That is the multijurisdictional problem. Who is responsible? The local municipality? The provincial government? or the federal government? Responsibilities often are divided between different departments in the same jurisdiction. Consequently, problems often fall between the cracks. One department has the responsibility to manage but lacks the tools, while another agency has the capability but not the mandate. Basin water authorities were suggested as a possible solution.

300 Water Supply Augmentation and Conservation

As the population of Canada continues to grow, the demand for resources like water also increases. In some local situations further growth is limited by the limits of the available water resource. Such a problem may be addressed in two different ways. One is to augment the supply. The second is to reduce the per capita demand. Research in this category addresses either of these strategies.

301 Saline Water Conversion

Many water uses require "fresh" water. In some localities "brackish" water is the only kind available. Research is needed on ways to treat this water so as to make it usable for domestic or farm use. Some well waters contain a specific chemical such as iron, sulphur or nitrate. Research into treatment for specific chemicals is needed.

302 Water Yield Improvement

The magnitude and timing of spring runoff can be affected by managing the character of the upstream watershed. Forestry and agricultural practices can delay or advance the timing of snow melt, and small tributary reservoirs can hold back a portion of the runoff and release it later, either through direct release or via ground water to the stream bed. The Alberta Watershed Research Program is a good example of such studies. Similar work is necessary in other parts of the country. The potential payoff with these studies is very important for some water-short regions.

303 Use of Water of Impaired Quality

Sub-category 301 noted that many water uses require fresh, clean, potable water. Other uses, however, do not depend on the quality of the water or can be adapted to use impaired quality water. Further research is needed to develop crops which can tolerate higher salt levels in irrigation water. Water for many industrial uses, such as cooling or waste flushing water, can be highly polluted from a quality point of view.

304 Conservation in Domestic Use

The largest portion of the water used in the home is used to flush away sanitary and in some cases kitchen wastes. New designs are needed to reduce these demands. Probably the most effective way to reduce domestic use overall is to increase the cost to the consumer. Socio-economic research needs to address the subject.

Another significant waste of domestic water is in simple leakage of the municipal distribution system. As water becomes more expensive, the cost of repairing the distribution system will become economically justified. In some systems leakage represents 50% of the total demand.

305 Conservation in Industry

Modern designs in water-short regions have demonstrated that there is a lot of scope for reducing industrial water demand. In many cases a significant capital investment is required and much research into new processes and potential recirculation is necessary. In one steel plant the demand for water per unit of production fell from 180-270 thousand litres per ton of steel produced to 6.4 thousand litres per ton. This, admittedly, is an extreme example, but very significant reductions in demand are possible. The Regina workshop was especially sensitive to the need for water conservation in industry. The recent initiatives in the

energy industry will greatly increase water demand in areas where water already is in short supply.

306 Conservation in Agriculture

Irrigation of agricultural crops is a major use of water in some areas, notably southern Alberta. Specialty crops, such as small fruits and vegetables, are irrigated at critical growth stages in many other areas of Canada. Water for irrigation is the largest part of the demand for water in agriculture. New equipment and management techniques are needed to optimize this use of water. The Regina workshop expressed a major interest in this sub-category. Research is needed which will assist the decision maker (farmer) to use his water supply efficiently. This would include topics such as remote sensing of soil moisture; improved mathematical modelling of soil moisture needed; improved collection and publishing of soil moisture data; and real time radar facility for measuring soil moisture by the dielectric method. The Waters in Agriculture Work Planning Meeting discussed numerous studies relating to soil moisture management. Topics included: physicist's perception of soil water research needs; water use by crops in western Canada; water management for coarse-textured irrigated soils; soil management for irrigated crops; water application systems; aquatic weed control; irrigation scheduling; and effluent irrigation. All of the above studies have the potential to reduce wastage of irrigation water.

307 Weather Modification

Man has demonstrated a very limited ability to modify weather. Much more research is needed. The hail suppression program in Alberta is a good example. Saskatchewan is interested in a study of precipitation enhancement and its impact locally and downwind. Would the evaporation suppression schemes of the prairies have an impact on local weather? As might be expected, Regina was the only workshop which addressed this topic.

400 Water Quantity Management and Control

Man has exerted some control over water for many thousands of years. Early irrigation schemes and the aquaducts of Rome are some examples. Other activities of man also have had an impact on the water resource, often in a negative and unrecognized way. Some of man's most grandiose construction projects are dedicated to this control, e.g., huge dam projects and extensive navigation schemes. Despite these many years of experience, there still is much to learn, especially about the unintentional impacts.

401 Control of Water on the Land

Because the use of engineering works will be discussed in category 800, research in this sub-category will emphasize the impact of other related activities. The Regina workshop simply agreed with the Durrant discussion. This was augmented by the Lethbridge Agriculture Canada work planning meeting to provide the following needs.

Land drainage has been used for many years to convert swampy waste land into high quality farm land. Tile drainage can also speed the drainage of spring snow cover to permit earlier spring planting. Research is needed to determine what impacts occur downstream from such drainage. As noted earlier, the draining of prairie sloughs would provide more cultivable land but this might aggravate spring flooding in downstream areas. What would be the impact on the ground water?

In some cases tile drainage can have a direct impact on ground water levels and lower the water table. Research is needed to determine the best depth and spacing for tile drains as a function of slope and soil texture.

Agricultural and other land management practices have an impact on the quality of the runoff and ground water. Migration of nutrients and pesticides need additional study.

Major changes in land use can affect the climate. What climatic change should be expected as land use changes from forest to row crop to urban?

402 Ground Water Management

Ground water is an important source of water in most parts of the country. Management of ground water requires control of withdrawals and recharges.

In many cases withdrawal exceeds recharge and in such cases water is being "mined". What are the socio-economic and political implications of water mining? These questions take on added importance when large withdrawals are used for irrigation. Does a landowner have unlimited access to water under his property? What is the possible impact on his neighbour? Regional, interprovincial and sometimes international management may be necessary.

Sometimes deep aquifers of poor quality water are used as a sink for industrial waste products by deep well injection. What safeguards are needed to protect other aquifers in the same soil columns? Does water migrate from one aquifer to another?

Shallow ground water is often recharged locally. Research is needed on shallow ground water flow patterns and interaction with deep ground water. Shallow ground water can be contaminated by poor quality recharge such as seepage from sanitary landfill sites, and waste chemical dumps. Shallow ground water usually flows toward a local stream bed where it supplies the base flow to the stream. In this way the ground water can form a link between waste dump leachate and nearby surface streams. A better understanding and quantification of these processes is needed. The United States super fund program[1] for clean-up is an example of the magnitude of this kind of problem.

Many of the schemes proposed for the safe storage of highly radioactive waste fuel from nuclear power production would rely on very deep underground storage. The possibility of dispersion of this waste in ground water systems is a key unknown which requires additional research.

In some areas the ground water can be recharged artificially by water spreading. The processes involved need additional research, especially with regard to pore clogging and chemical reactions.

403 Effects of Man's Activities on Water

Man has developed the ability to drastically change the geography of the landscape and especially the nature of the surface water drainage system. Huge dams convert rushing rivers into almost stagnant reservoirs. Water is redirected across watershed boundaries. Canals link ocean with ocean and the Great Lakes to tide water. In the process many intended and unintended changes occur. These mega projects must be evaluated beforehand as to their impact on the environment in which they are situated. Both physical and social impacts must be considered. In many cases it is possible to survey the pre-project environment to identify the biota and people which will be affected, but there is a great void of understanding of the processes involved in the impact. The anticipated impact must be based on incomplete understanding. Much basic research would be helpful here, but also, as noted in the Marsan paper, the project itself can be used as a mega experiment by continuing to monitor the various elements of the environment well into the post-project period. In this way it will be possible to compare the measured impact with the predicted impact and thus calibrate the model for more accurate predictions on other proposed projects.

---

[1] A multi-billion dollar program to clean up and properly contain the many hundreds of waste chemical dumps in the United States.

The urbanization of vast land areas also has had an impact on the water resource. Surface drainage is interrupted and redirected by roads and buildings. Ground water is impacted by sewer and water distribution systems. The infiltration of rainfall is prevented by paved and built-up acreage. Local streams and rivers are contaminated by storm water from sewer outfalls. Research is required into the above impacts so that appropriate management decisions can be made. Widespread landscape changes such as forest clearing can have major impacts on surface flow quantities and quality. The increased erosion can fill up downstream reservoirs and destroy fish spawning areas.

500 Water Quality Management and Protection

As noted in the main body of the report, there was a major increase (from 30% to 40%) in the allocation of resources to this category between 1966 and 1979. This trend illustrates the major increase in concern for the quality of the environment during that period. The concern for our environment, or more correctly the ecosystem of which we are a part, has continued at a high level, but a very weak economy has seriously curtailed the increase in research which is needed. The Great Lakes Water Quality Agreement is the most notable response to this concern. In recent years, the focus of our concern has shifted from eutrophication-related issues to toxic substances in the ecosystem because we have developed the analytical capability to identify and quantify these pollutants at extremely small concentrations.

501 Identification of Pollutants

Recent advances in analytical chemistry have led to the identification of pollutants which heretofore have gone undetected. Research and development in this area must continue because there still are many pollutants for which adequate methods of analysis do not exist. Each of the workshops identified toxic substances as a high priority problem. Research in this sub-category is not site specific and the new methodologies developed have wide applicability.

502 Sources and Fate of Pollution

This sub-category covers a very large body of research. The link between source and sink is a very complex pathway through the ecosystem. In our case, the pathway usually lies within the water. Sources include industrial and residential point source discharges, runoff from non-point source land use activities, atmospheric deposition, and sediment resuspension. Mechanisms can be physical, chemical and biological. With respect to toxic organics one very important property of the biological mechanism is the ability of these compounds to bioaccumulate as they pass upward through the food chain. Persistent substances such as PCBs

occur at almost undetectable concentrations in the water, but in higher predators such as fish and herring gulls concentrations can be so high that public health is endangered. A chemical mechanism of increasing concern is the chlorination of sewage containing organics. This process can produce chlorinated organics which are highly persistent and in some cases carcinogenic. The most likely sink for most pollutants is the bottom sediments. This makes sediment cores a valuable historic record of the contamination of the water body.

The Vancouver workshop was interested in sources such as oil spills in the Arctic, placer mining, NO_3-based explosives, and fertilizer and pesticides from forestry and agriculture. The transport of toxicants through food chains, especially in estuaries and intertidal habitats, was discussed.

The Regina workshop noted the importance of the internal mode of nutrient loading. This is a re-release of P from the sediments. Another source of pollutants (in this case also nutrients) is the spraying of sewage treatment plant effluent on farm crops as a special case of irrigation. The nutrients are useful, but more research is needed to determine the effects of other substances, such as heavy metals in the effluent, on crop growth. There also was a call for improved knowledge of the toxicity of the degradation products of some pollutants which appear to be innocuous in their parent state.

The Toronto workshop suggested research on food chain dynamics and community structure as they relate to pathways and biomagnification. It also noted the need to understand synergistic and antagonistic effects of mixtures of pollutants. The workshop attendees also suggested a study on the use of biological species as filters to biodecontaminate waters. The bioavailability of various forms of phosphorus was suggested as a subject for continuing research. Acid rain, as a special case of atmospheric deposition, was identified as an area requiring much more research.

The use of road salt for de-icing was identified in the Halifax workshop as a possible contaminant source. Another source of salt contamination requiring further study is salt water intrusion into coastal aquifers. The workshop also noted the need for further research in the use of certain biota in the pathway as bioindicators of water quality.

503 Effects of Pollution

By definition, the effect of pollution is to prevent or interfere with some desirable use of the resource. It could be a cultural use or a wildlife use if it is the intention of society to protect that wildlife.

The Vancouver workshop was concerned about the impact of spilled oil on the fragile ecology of the Arctic. More research is needed to determine the recuperative powers of these ecosystems. Transfers of water from one watershed to another pose the threat of introducing foreign organisms into the receiving watershed, which could upset the ecological balance. The use of pesticides in forestry and agriculture may affect fish and other non-target organisms. Further research is needed to predict these impacts and to develop alternatives to chemical pesticides which would be less damaging.

The Fraser estuary is a good example of impacts on various species. Pollutants from logging and waste treatment plant effluent may endanger the use of the estuary for waterfowl or juvenile salmon. More research is needed to determine if these effects actually occur.

The Regina workshop noted the impact of highly saline water for irrigation on agricultural crops. Eutrophication has a serious impact on the recreational use of lakes and reservoirs. As in all regions, there was great concern for the impact of acid rain on the many small lakes on the Shield and such pH-related effects as heavy metal mobilization.

The Toronto workshop was especially concerned with toxic substances and their impact on various biological components of the ecosystem including man. There is a great need for research on lethal and chronic effects of many toxic substances. The quantification of the impact of pollutants is the most serious deficiency in the management of the problem. It now is routine to quantify and identify most of the trace pollutants, but in many cases the numbers are meaningless because of the unavailability of threshold levels of significance to human or other biotic species. Cultural eutrophication and the management of phosphorus still is an important issue. The weak link in the management strategy is the lack of knowledge of the processes which connect phosphorus control to effects in the lakes and impacts on uses of the water resource.

The Quebec City workshop noted the need for a better understanding of the impact of development in the far north on the native people who live there. There is a need for more research on the unique problems in the north. This workshop noted also the need to keep aware of research in other countries which could be applicable in Canada.

The Halifax workshop was especially concerned about impacts of pollutants on ground water quality. The surficial geology of the region makes the shallow ground water particularly

susceptible to contamination from waste dumps. This workshop suggested more research on bioindicator organisms, which is really a study of the measurable or observable impact of a pollution source on a specific biological species.

504 Waste Treatment Processes

Processes for treating liquid wastes from municipalities and industries have been in use for many years. Municipal waste treatment plants normally remove most of the biochemical oxidation demanding (BOD) material and the suspended solids. Chlorination is used to destroy pathogenic bacteria.

This "primary" or "secondary" treatment process does little to remove nutrients, such as phosphorus, or toxic substances, such as heavy metals and chlorinated organics. Tertiary or advanced waste treatment is required to remove or reduce these substances. In most cases tertiary processes must be tailored to a specific waste stream. The desired quality in the receiving water environment also must be considered.

The Province of Quebec was several years behind most provinces because the St. Lawrence River's vast, fast-flowing water seemed inexhaustible. The Canada-Quebec study of the St. Lawrence identified the limited assimilative capacity of the river and the urgent need for waste treatment facilities.

The Toronto workshop noted the need for more research on recycling of waste. In many cases, it can be considered a resource. A good example of this is the use of liquid effluent from waste treatment plants as nutrient-rich irrigation water. In certain areas this is a proven technology, but much more research is needed to expand its applicability. Sewage sludge can also be used as fertilizer if it is not contaminated with heavy metals or other toxic substances. Research is needed either to remove these toxic substances in the treatment process or to keep them out of the waste stream by prohibiting industry from putting them in the municipal sewers. The second possibility would require research on pretreatment for specific industrial pollutants. In most cases it would be easier to deal with these substances in relatively high concentrations at the factory rather than after they have been diluted in the main flow of domestic sewage.

The Regina workshop identified the need for more cost-effective methods for treating wastes from rural communities. Livestock wastes could be handled more effectively. There is a real concern for the impact of irrigating with sewage effluent on the quality of the ground water.

The research needs in this sub-category should be focussed on toxic substances not treated by conventional technology and on reuse or recycling of waste.

505 Ultimate Disposal of Waste

Some aspects of the ultimate disposal of waste have been touched upon in earlier sub-categories, but they will be reiterated in this section for completeness.

Domestic waste treatment plants produce solid and liquid wastes which must be disposed of. The liquid effluent often is discharged to a river or lake where the natural biodegradation disposes of the pollution. The recuperative capacity of natural systems is only partly understood and major economies in treatment would be possible if we could accurately predict the natural carrying capacity of the receiving water body.

The liquid waste can be used as irrigation water for growing crops while at the same time fertilizing the crop. Many questions remain such as the effect of pathogenic bacteria or viruses carried by wind into neighbouring areas, impact of toxic substances on the crop or the users of the crop, and the quality of the underflow and its impacts on ground water and surface streams.

The solid or semi-solid sludge, which is a concentration of the suspended solids in the original sewage, must be disposed of. In some cases the sludge is dewatered and burned. This causes air pollution. The sludge can be carted to sanitary landfill dumps and buried. Alternatively, if it does not contain heavy metals like mercury, it can be used as a fertilizer in farm crop production.

Industrial wastes require specific waste treatment processes and in some cases there is no practical treatment available. In such cases the waste can be diluted to acceptably low concentrations, such as in ocean dumping, or it can be "permanently" removed from the biosphere by deep well injection. Both of the above "solutions" require additional research. Concerns for the safe, long-term disposal of wastes has become a very important topic.

506 Water Treatment

A dependable and safe supply of drinking water is taken for granted almost everywhere in North America. Indeed, in terms of the conventional pollutants, this is true. In recent years, however, we have become aware of toxic substances which, even at very low concentrations, can have serious sub-lethal and long-term impacts on public health. In other cases the water may be "safe" but unpalatable.

In some areas the chlorination process for control of bacterial pollution can actually produce carcinogenic substances by reacting with organics in the raw water supply. The same problem can be caused by post-chlorination of sewage effluent.

Because of the relatively small volumes involved, it may be more cost-effective to control some kinds of pollution in the water by treatment processes close to the point of use, rather than to eliminate it from the environment. This can be taken one step further and provide final "polishing" at the kitchen tap by the use of carbon filters. Much research and development is needed to determine the most appropriate method of treatment for a given situation.

One advantage of activated carbon filtering at the tap is that it is also effective in removing many of the objectionable tastes and odours. By placing the filter just ahead of the drinking water tap, it is not necessary to treat all of the water supply, most of which is used for washing and for flushing of toilets. The socio-economic consequences of shifting water treatment to the drinking water tap should be studied carefully.

One important disadvantage of this approach is that it does not protect the non-human elements of the ecosystem, or prevent human health impact through consumption of other species (such as fish) which can concentrate some of these pollutants.

Little is known of the virology of water. The effectiveness of agents to destroy viruses, and their side effects, are much needed areas of research.

507 <u>Water Quality Control</u>

The ambient quality of surface waters determines what the water can be used for. Conversely, a desired use will set limits on some quality parameters. Control of water quality can be either preventive or remedial. For example, the dissolved oxgyen in a water body can be maintained by limiting the oxygen-consuming inputs. Conversely, the deficient oxygen content can be augmented by mechanical aeration. In most natural water bodies the former is the only practical solution and oxygen-consuming effects must be controlled at the source.

The impact of acid rain was identified as an important issue at every workshop. One solution to degrading water quality, in this case pH, is to eliminate SO_2 at the stack. A second solution is to control the pH of the local lake by

adding lime. A great deal of research is needed in this area. Many other pollutants also come from atmospheric deposition.

Pollution from land use activities is a significant load to many water bodies. Because of the non-point source of this kind of pollution, any control action will involve a great many individual landowners. Pollution loadings can be reduced substantially by new land management techniques such as no-till corn growing and grassed margins to water courses. In this case, government action must be in the form of education and incentive grants. Socio-economic and agricultural research is needed in this area.

There are many non-agricultural land uses which contribute to water pollution. Drainage from mining operations is a serious problem in the Appalachian Region and is important in most other provinces as well. Research is needed on methods to treat or contain these pollutants or change the refining process to reduce the waste loading.

In some cases the biological communities themselves can control or eliminate some pollutants. For example, Lake Erie, with very high biological activity, has a relatively minor toxic substances problem. It is believed that the algae trap many toxic substances and carry them to the bottom. Higher trophic levels such as fish also extract toxics from the water. Much more needs to be known about these processes. We may be creating more problems than we solve by some of our control programs.

600 Economic, Social and Institutional Aspects

The ecosystem view of our world places man within the system, so that any planning to manage any component of the system must include a consideration of man and his institutions. This aspect adds considerable complexity to the planning process because social, economic and political implications are internalized. This category looks at the planning process with special emphasis on man in the ecosystem. Much socio-economic research is needed to deal with the planning process in this context.

601 Planning

The planning function, by its very nature, is forward looking or predictive. This requires some kind of modelling which permits extrapolation. Many techniques have been developed to permit this extrapolation, such as systems analysis, linear programming, probability theory, and mathematical simulation. The Vancouver workshop noted the need for "strategic" planning. This kind of planning deals with broad issues of competing uses and major impacts, of changing or

alternative future scenarios and the challenges to the management function. Strategic planning is anticipative rather than reactive. It is very much concerned with the kinds of questions posed in this report. What will the managers of water resources need to know in the future and what research should be undertaken now to provide that needed knowledge? It is planning at a higher level of abstraction than the detailed planning for a specific water resource project.

Clearly, both kinds of planning are needed. Attempts at "strategic" planning are in essence socio-economic research. There also is a great need for more socio-economic analysis and interpretation in the more traditional planning for water resources management. In many cases it is important to give attention to "non-structural" solutions.

602 Evaluation Process

The decision to implement a planned water resource project must be based on a number of different criteria. Political and economic considerations usually dominate the decision process. The economic considerations can be quantified by benefit-cost analysis, but many factors which need to be considered are not easily quantified or described in terms of dollars.

There is room for considerable improvement in the benefit-cost procedures, especially the techniques for quantifying non-monetary interests such as recreation and environmental effects. The Quebec workshop noted that there is a great need for long-range planning, which must project current economic and environmental features many years into the future. This usually is done by developing a variety of possible future scenarios. A simple extrapolation of current conditions is almost certain to be incorrect.

603 Cost Allocation

Who should pay for large water resource projects? This question is the subject of much debate. Many projects are on a scale such that several levels of government are involved. Should the farmer using irrigation water pay some portion of the cost of providing it, or just the cost of handling it on his own property? What is the limit of responsibility of governments to "bail out" the home owner who builds in the flood plain of a river or on the erodable shoreline of a lake? There is a great need for socio-economic and political science research in this area. The Quebec workshop suggested that a "user should pay" principle was appropriate in the case of services such as Water Survey of Canada hydrologic data.

Another aspect of resource economics is the damages or disbenefits suffered by some interests in order to provide benefits for other interests. Research is needed to develop better techniques for handling such cases. At the present time, the dollar is the only measure, and this might under-play the important societal or political considerations.

604 Water Demands

The Vancouver workshop noted the need to know what the demand for water will be in the future. In actuality, this is asking what the demand will be for the things for which we use water. Navigation, recreation, cooling, electricity, fishing, etc., require water of a given quality, of a given quantity or at a given depth. These needs must be estimated into future scenarios. Research is needed on ways we can "manage" demand. For example, the demand for domestic water supply can be reduced considerably by installing water meters in each home. What other strategies are there? Water rationing has been necessary in some cases.

The quality of water required for given uses must be determined and there is a need to avoid using high quality water where it is not necessary. What would be the socio-economic impact of point-of-use treatment or double plumbing with potable and non-potable water systems? This system was in vogue a hundred years ago with well water for drinking and rain water for washing.

605 Water Law

Many of the water resource management issues discussed earlier would require changes to existing legislation or development of new legislation. At the moment, there are two divergent approaches to water law. The riparian law allocates rights of use to the landowner who has access. The water rights legislation commonly used in "water short" areas makes the right to use water a salable quantity. Large withdrawals from ground water reservoirs must be regulated in some equitable way.

The consumption as differentiated from withdrawal of water poses some very difficult problems from a legal point of view. Court cases arising from "rain making" are a good example of the legal complexities of "managing" a resource.

606 Institutional Aspects

Water resources are managed within certain institutional frameworks. Various levels of government write laws to regulate the resource and spend vast sums of money to develop projects which utilize it. Some institutions, by their structure and mandate, are better able to manage water effectively while other institutions are severely limited.

The International Joint Commission (I.J.C.) is an example of an institution created specifically to assist the governments of Canada and the United States to effectively manage the boundary waters which they share.

The Halifax workshop suggested that a better way to develop water resources in the Atlantic region would be to create a new set of institutions called "River Basin Authorities". Research in political science is needed to evaluate the effectiveness of present institutions and to suggest new ones which could be more effective.

Non-governmental organizations (NGO's) have sprung up in recent years to channel and organize public opinion. Pollution Probe is an example of these new institutions which are challenging the "old order", especially in environmental issues.

Old, established institutions are changing their methods and incorporating public participation into the planning and environmental impact assessment processes. There is room for considerable improvement in these processes and a greater emphasis on socio-economic and political science research is needed.

The Vancouver workshop saw the need for more anticipatory planning rather than reactionary planning to solve existing problems. This was supported by the Quebec workshop call for long-range rather than short-range planning.

607 <u>Sociological and Psychological Aspects</u>

"Beauty is in the eye of the beholder" and the way people perceive water resources determines how they will support water resource management. The political process, by its very nature, is responsive to public opinion and the rapid development of water pollution control agencies in the mid to late sixties was largely a reaction to a heightened public consciousness of pollution problems.

Studies are needed to determine public attitudes toward water and the way it should be used and protected. How does the public perceive the efforts of the government agencies to regulate and manage the resources? The socio-economic disciplines should be included in the planning team for major water resource management projects. How do you anticipate public reaction to change and regulation? What is an acceptable balance between a highly regulated society vs individual freedom and private enterprise? In what way is each individual responsible for the preservation of "spaceship earth" in the global sense.

608 Ecologic Impact of Water Development

Man is an integral part of the ecosystem and any major water resource development will affect him directly or indirectly. Research is needed to predict or anticipate these effects. What about the farmer whose land is flooded by a new reservoir?

Many water resources projects are of such a large scale that they have an impact on the entire ecosystem. The James Bay project in northern Quebec displaced many native people and changed the habitat for fish and wildlife. Even the local weather will be affected by the huge reservoirs. In the place of small mammals, large lake type fish will develop. Is that a desirable shift of the ecology? It is, if you enjoy fishing and boating on a large body of water rather than hunting. It is a very subjective decision. What will be the impact on the circulation in James Bay of a vastly different flow regime in the La Grande River?

The James Bay Project is used here only as an example of the kinds of impact that should be anticipated with any major water resource project. Indeed, the André Marsan thesis would have us use each project as a megastudy to refine our predictive capability for future studies.

700 Resources Data

The ability to manage water resources is directly dependent on the information which is available about the resource. Quantification of the magnitude and quality, along with its spacial and temporal variability, is essential to any significant planning exercise. The vastness and, in many cases, the inaccessibility of much of Canada demands careful design of the data-gathering network and highly sophisticated instrumentation.

701 Network Design

The gathering of hydrologic data is very labour intensive and, in remote areas, very costly in terms of logistics. It is essential that the design of the network is as efficient as possible. The Vancouver workshop noted the need to optimize the set of parameters measured. Real time data are needed for the management of floods by reservoir manipulation and for flood warnings.

Rain and snow measurements and methods to extrapolate to ungauged areas are needed. Better extrapolation techniques could reduce the number of gauging points necessary. Network design should be based on statistical and systems analysis of historical data.

702 **Data Acquisition**

The technology of data generation needs continuing research and development. Current methods are labour intensive, and logistically expensive, so that improvements could produce significant cost savings.

The integration of quantity and quality networks could eliminate costly duplication. This would require better training of field technicians. It may require some compromises in site selection.

Automation of the instrumentation along with longer time intervals between servicing would be very beneficial. Real time readout and telemetering is possible now, but simpler, cheaper, and more reliable technology is needed.

Several workshops identified remote sensing as a promising technology for hydrologic data gathering and for extrapolating "ground truth" monitoring data to ungauged areas. Radar quantification of rainfall distribution is another technique needing further research and development.

The Halifax workshop noted the need for better technology transfer from research to operations. Pilot projects in the regions could assist in this activity.

The Regina workshop noted the need to ensure the compatibility of data sets. Research is needed to test for compatibility and to develop techniques for manipulating data sets to make them more compatible.

The Toronto workshop noted the need for sampling and analysis of interstitial water and inferring what the "in situ" characteristics are. Ground water presents many difficulties in accurate quantification of aerial extent, flow and quality.

Remote sampling stations require better energy supply systems, possibly including solar energy or wind. Data transmission via satellite is available now but could be further developed to reduce cost and increase reliability.

703 **Evaluation, Processing and Publishing**

The quality of the field data must be evaluated before it can be used to interpret the actual field conditions. Better procedures for cross-checking, and for providing some desirable redundancy, are needed. The interpretation of outliers is especially important. Automatic stations need provision for automatic or remote interrogation calibration. Fail-safe, back-up redundancy is needed to avoid "loss of record". Data needs to be gathered in computer-compatible format to minimize the workload of processing and publishing.

The format in which the data are "published" or made available to the user could be improved considerably. Hard copy will always be convenient for those who want some small quantities of specific information. In most cases, however, the user will want the data in computer-readable form. Additional information about the environment in which the data were generated could be very important to some users. Field notes and other descriptive information should be available.

800 Engineering Works

Engineering works have provided the ability to control many aspects of water resources. It is this ability to control which permits, and requires, management of the resource. New and improved engineering works will improve the ability to control and to manage. Research and development is essential to providing new and improved control.

801 Specifications and Design

The design of engineering works to control water resources is based on an application of the scientific knowledge created by fundamental research. The engineering "solution" is always problem oriented and there is an ongoing need for this kind of applied research which solves problems in resource management by using the best available knowledge.

Modern computers make it possible to mathematically simulate many water resource processes. Computers provide a very powerful tool for designing engineering works. The HEC models of river flow and the prediction of floodlines is a good example of this technology. There is a continuing need for novel designs and improvements on existing designs.

The unique design challenges of arctic and sub-arctic environments create the need for research which will permit the adaptation of design experience in other regions to Canada's northern frontier. Surface ice and frozen ground water (permafrost) call for novel engineering design.

802 Materials

The materials available have a major impact on engineering design, and novel materials or applications can dramatically change design concepts. The introduction of a wide range of engineering fabrics is a case in point. These fabrics can be used to produce an impermeable membrane to eliminate seepage from storage ponds or to stabilize foundations and embankments. The cold climate of Canada presents many challenges to a whole host of materials, and research in this area may, in some cases, be critical to the management of the resource.

803 Operations

The effectiveness of an engineering work is only as good as the operation of the facility. In some major systems, the operation is quite complex and research is needed to devise improved operating guides. For instance, some modern waste treatment plants are using automated control based on real-time measurement feedback. Large watersheds with multiple reservoirs and a network of hydrologic sensors can use computers to optimize the management to satisfy the needs of several different users. Sewer systems can be designed and operated to minimize the peak flow to waste treatment facilities. There is a large potential for increased use of computers to optimize a variety of water resource management functions.

900 Environmental Management and Protection

This category did not exist in the 1968 report. It was added to accommodate recent topics in environmental management and environmental impact assessment. This category also includes some economic and institutional studies. It tends to be a collection of topics which did not fit well in other more specific categories.

901 Lake Levels

Engineering works have given man the ability to control the level of lakes by damming the outlet channel. Thus, it is possible to significantly alter the natural regime of levels. We are just beginning to understand the impacts that such a regime change can have on many different aspects of the ecology of the lake.

We have already noted the impact on Lake Athabasca of the change in the regime of the Peace River because of the Bennett Dam. A recent IJC study of the proposed partial regulation of Lake Erie water levels revealed a number of environmental impacts owing to regulation. There is much more to know about these impacts and much more research will be required. Even the brief investigation of the Lake Erie study identified likely impacts on marsh habitat for fish, waterfowl, and small mammals; fish spawning beds; and water quality. Much more field work and interpretation would be required to effectively quantify these effects.

The Vancouver workshop noted a great need for a better understanding of northern lakes and the effects to be expected under a number of stresses including water level manipulation. Reservoirs are a special case in which the "lake" is man-made. The initial shock of flooding is often exacerbated by the periodic drawdown called for in the operating guidelines.

902 River Regime

Modification of a river by engineering works such as dams, levees or dredging can have a profound impact on the natural regime of the river both upstream and downstream. The flooding behind a dam is dramatic and obvious. Not so obvious, but also important, are the other effects such as erosion downstream because of interrupted sediment transport, and oxygen deficiencies if bottom water is withdrawn from the reservoir. The natural habitat for wildlife is destroyed and a whole new thermal structure is created in the impoundment. Upward migration of anadromous fish is interrupted. Few if any of these effects are understood sufficiently to enable a quantified prediction of the impact. Much research is needed to improve the knowledge base to permit more accurate impact assessment.

903 The Sociological Role of Water-Enhanced Environment

The presence of a body of water in the landscape has a positive psychological effect on most people. Just knowing that a body of water is polluted or that a sparkling, lively rapid has been drowned out by a dam has a negative psychological effect. More sociological research is needed to better understand these phenomena and, if possible, to quantify them in economic terms. If a recreation use is affected, there are some techniques to estimate economic effects but these techniques need refining.

904 Impact of Environmental Constraints on Development Potential

Most environmental protection measures carry with them a sizable cost. This cost must be passed along to the consumer of the goods or services involved. Moreover, if similar protection measures are not required of all similar industries, the affected industry will be placed at an economic disadvantage. Thus, the imposition of controls to protect the environment can have a negative impact on local communities. These potential impacts on development potential are poorly understood, so that there is a need for considerable socio-economic research.

Categories from the Bruce-Maasland report

WATER RESOURCES RESEARCH CATEGORIES

100. NATURE OF WATER
Category 100 deals with fundamental research on the water substance.

101. Properties of water — Study of the physical and chemical properties of water, including its thermodynamic behavior in its various states.

102. Aqueous solutions and suspensions — Study of the effects of various solutes on the properties of water; surface interactions; colloidal suspensions.

200. WATER CYCLE
Category 200 covers research on the natural processes involving water. It is an essential supporting effort to applied problems in later categories.

201. General. Including studies involving two or more phases of the water cycle such as hydrologic models; rainfall-runoff relations; surface and ground-water relationships; watershed studies; geomorphology.

202. Precipitation. Including investigation of spatial and temporal variations of precipitation; physiographic effects; trend studies; storms; probable maximum precipitation; structure of storms; quantitative precipitation forecasting.

203. Snow and ice. Including studies of the occurrence and thermodynamics of water in the solid state as snow, natural variations of snow and frost; formation of ice; break-up of river and lake ice; glaciers; ice forces; permafrost and its effects on groundwater and the water cycle.

204. Evaporation and transpiration. Including investigation of the process of evaporation from lakes, soil, and snow and of the transpiration process of plants; methods of measuring actual evapotranspiration; energy balance.

205. Streamflow. Including mechanics of flow in streams; flood routing; bank storage; space and time variations (includes high and low-flow frequency); droughts; floods.

206. Groundwater. Including study of the mechanics of groundwater movements; multiphase systems; sources of natural recharge; mechanics of flow to wells and drains; subsidence; properties of aquifers; saline water intrusion in coastal aquifers.

207. Water in soils. Including infiltration; movement and storage of water in the zone of aeration, including soil.

208. Lakes. Including hydrology, hydrothermal, and chemical regimes of lakes; water level fluctuations; currents and waves.

209. Water and plants. Including role of plants in hydrologic cycle; water requirements of plants; interception of precipitation.

210. Erosion and sedimentation. Including studies of the erosion process; production of sediment yield; sedimentation in lakes and reservoirs; stream erosion; sediment transport; scour and evaluation.

211. Chemical processes. Including chemical interactions between water and its natural environment; chemistry of precipitation.

212. Estuarine problems. Including special problems of the estuarine environment; effect of tides on flow and stage; dispersion of pollutants; sea water intrusion in estuaries.

300. WATER SUPPLY AUGMENTATION AND CONSERVATION
As water use increases we must pay increasing attention to methods for augmenting and conserving available supplies. Research in Category 300 is largely applied research devoted to this problem area.

301. Saline water conversion — Research and development related to methods of desalting sea water and brackish water.

302. Water yield improvement — Increasing streamflow or augmenting its distribution through land management; water harvesting from impervious areas; phreatophyte control; reservoir evaporation suppression.

303. Use of water of impaired quality — Research on methods of agricultural use of water of high salinity; use of poor quality water in industry; crop tolerance to salinity.

304. Conservation in domestic use — Methods for reducing domestic water needs without impairment of service.

305. Conservation in industry — Reduction in fresh consumption and diversion requirements for industry.

306. Conservation in agriculture — More efficient irrigation practices. Chemical control of evaporation and transpiration; lower water use plants; optimum use of soil moisture; etc.

307. Weather Modification — Artificial stimulation of precipitation; climate modification by changes in land and water surfaces; etc.

400. WATER QUANTITY MANAGEMENT AND CONTROL
Category 400 includes research devoted to the management of water, mechanics of conservation, and the effects of related activities on water.

401. Control of water on the land — Effects of land management on runoff, land drainage, pollution; etc.

402. Groundwater management — Artificial recharge; conjunctive operation; subsoil irrigation.

403. Effects of man's related activities on water — Impact of urbanization, highways, logging, etc., on water yields and flow rates.

500. WATER QUALITY MANAGEMENT AND PROTECTION
An increasing population increases the wastes and other pollutants entering our water supplies. Category 500 deals with methods of identifying, classifying and controlling this pollution.

501. Identification of pollutants — Techniques of identification of physical, chemical and biologic pollutants; external measures of character and strength of wastes.

502. Sources and fate of pollution — Determination of the sources of pollutants in water; the nature of the pollutants from various sources; path of pollutants from source to stream or groundwater; production of pollutants contaminants including production by means of mathematical models; effects of air cover on dissolved oxygen and other pollutants in streams and lakes; etc.

503. Effects of pollution — Definition of the effect of pollutants, singly and in combination, on man, aquatic life, agriculture and industry under conditions of sustained use; eutrophication; influence of prolonged no-cover on effects of pollutants; etc.

504. Waste treatment processes — Research to improve conventional treatment methods to gain efficiency or reduce cost; processes to treat new types of waste; advanced treatment methods for more complete removal of pollutants including purification for direct reuse.

505. Ultimate disposal of wastes — Disposal of residual material removed from water and sewage during the treatment process; disposal of waste brines, underground waste disposal.

506. Water treatment — Development of more efficient and economical methods of making water suitable for domestic or industrial use.

507. Water quality control — Research on methods to control stream and reservoir water quality such as flow augmentation; stream and reservoir aeration; control of natural pollution; control of pollution from pesticides and agricultural chemicals; control of acid mine drainage; control of erosion and sedimentation; etc.

600. ECONOMIC, SOCIAL AND INSTITUTIONAL ASPECTS
The problems of achieving an optimal plan of water development are becoming increasingly complex. Category 600 covers research devoted to determining the best way to plan, the appropriate criteria for planning and the nature of the numerous legal and institutional aspects of the planning process.

601. Planning — Application of systems analysis to project planning; treatment of uncertainty; preliminary studies; non-structural alternatives.

602. Evaluation process — Development of methods, concepts and criteria for evaluating project benefits; discount rate; project life; methods for economic, social and ecological projections; reliability of projections; research on the value of water in various uses; etc.

603. Cost allocation, cost sharing, pricing/repayment — Research on methods of calculating repayment and establishing prices for resource products; techniques of cost allocation, cost sharing, pricing and repayment policy.

604. Water requirements — Research on the water quantity and quality requirements of various uses.

605. Water law — Studies of provincial and federal water law looking to changes and additions which will encourage greater efficiency in water use.

606. Institutional aspects — Investigation of institutional structures and constraints which influence decision on water at all levels of government; case studies; jurisdictional problems.

607. Sociological and psychological aspects — Attitudes to use of water; perception of responsibilities.

608. Ecologic aspect of water development — Effects of water management operations on overall ecology, including human ecology, of the area. Excludes effect of pollutants under 503.

700. RESOURCE DATA
Planning and management of our water resources require information. Category 700 includes research oriented to data needs and the most efficient methods of meeting these needs. Basic data collection as itself is not here considered research, but studies of ways to improve data collection are included.

701. Network design — Studies of data requirements and of the most effective methods of collecting the data.

702. Data acquisition — Research on new and improved instruments and techniques for collection of water resource data, including data on water use and water use stream likenge, telemetering equipment.

703. Evaluation, processing and publication — Studies of effective methods of processing data, form and nature of published data; maps of data.

800. ENGINEERING WORKS
To implement water development plans requires engineering works. Category 800 describes research on design, materials and construction which is specifically useful in water management. Works relevant to a single specific goal, such as water treatment or desalination, are included elsewhere if an appropriate category exists.

801. Specifications and Design — Studies of functional requirements of water structures; research leading to improved design of dams, canals, pipelines, locks, fishways and other works required for water resource development.

802. Materials — Research to improve existing structural materials and to develop new materials for use in water control and conveyance structures.

803. Operations — Research on efficient operating procedures, and maintenance procedures for water control systems.

106

INDEX TO APPENDIX

Acid rain 7,17
Agriculture (water in) 5,18
Agricultural drainage 12
Air pollution control 7,17
Appalachian region 12
  Estuaries management 13
  Forestry 14
  Ground water management 15
  Institutions for water management 15
  Mining 14
  Resource data collection 15
Aqueous solutions and suspensions 22
Augmentation of water supplies 29

Canadian Shield 6
  Acid rain 7
  Disposal of radioactive waste 8
  Forestry 7
  Hydro power 7
  Mining 7
Chemical processes 28
Coastal zone 29
Conservation 29
  Agriculture 31
  Domestic use 30
  Industry 30
Conversion of saline water 29
Cost allocation 41
Cordilleran region 1
  Interbasin diversions 2
  Eurasian water milfoil 2
  Flooding 3
  Forestry 3
  Ground water 4
  Hydro power 1
  Irrigation 4
  Multiple use 1

Data collection 15,20,45
  Evaluation, processing and publishing 45
  Network design 44
  Resource data 44
Design challenges (engineering works) 46
Diversions 2,6,11,16

Economic, social and institutional aspects 40
  Cost allocation 41
  Ecological impact of water development 44
  Evaluation process 41
  Institutional aspects 42
  Planning 40
  Sociological and psychological aspects 43
  Water demands 42
  Water law 42

Engineering works 46
  Materials 47
  Operations 47
  Specifications and design 46
Environmental management and protection 47
  Impact of environmental constraints on development potential 48
  Lake levels 47
  River regime 48
  The sociological role of water enhanced environment 48
Erosion and sedimentation 28
Estuarine and coastal zone problems 13,29
Evaporation and transpiration 24
Eurasian water milfoil 2
Eutrophication 10
Evaluation process 41

Federal-provincial programs 21
Flooding 3,11,20
Forestry 3,7,14,18
Fraser River estuary 1

Great Lakes-St. Lawrence Lowlands 8
  Agricultural drainage 12
  Diversions 11
  Eutrophication 10
  Flooding 11
  Lake level regulation 9
  Management of international waters 10
  Navigation on the St. Lawrence 10
  Pollution in the St. Lawrence 12
  Toxic substances 9
Ground water 4,6,15,25,26,32,45
  Chemistry of ground water 29
  Contamination 8
  Geothermal energy 15
  Management 4,6,15,32
  Waste disposal 15,33

Hydro Power 1,7,17

Ice and snow 24
Ice jamming 20
Impact assessment 48
Impact of environmental restraints on development potential 48
Impact of man on water 33
Institutions for water management 15
Interbasin transfers 3,16
Interior Plains 4
  Diversions 6
  Energy vs agriculture water demands 5
  Ground water 6
  Water in agriculture 5
  Water scarcity 5
International water (management) 10
Irrigation 4

Lakes 27
Lake levels 47
Lake level regulation 9

Materials (engineering works) 46
Mining waste management 7,14
Multiple use of watersheds 1
Multi-regional issues 17
Agriculture 18
Airborne pollutants 17
Federal-provincial programs 21
Forestry 18
Municipal water management 19
Recreation 19
Resource data collection 20
Socio-economics of water management 21
Toxic substances 17
Municipal water management 19

Nature of water 22
Aqueous solutions and suspensions 22
Properties of water 22
Navigation (St. Lawrence) 10
North (The) 16
Hydro power 17
Interbasin transfer 16
Population increase 16

Operations (engineering works) 47

Planning 40
Evaluation 41
Plants 28
Pollutants (see also wastes) 34
Sources and fates 34
Effects of 35
Pollution (St. Lawrence) 12
Precipitation 23
Properties of water 22

Recreation 19
Resource data 44
Data acquisition 45
Evaluation processing and publishing 45
Network design 44

Saline water conversion 29
Sediment transport 28
Simulation (computer) 46
Snow and ice 24
Socio-economic research 21,43,48
Sociological research 43,48
Specifications and design (engineering works) 46
St. Lawrence River navigation 10
St. Lawrence River pollution 12
Streamflows 24

Toxic substances 9,17

Wastes (ultimate disposal of) 8,38
Waste treatment processes 37
Water and plants 28
Water cycle 23
Chemical processes 28
Erosion and sedimentation 28
Estuarine and coastal zone problems 29
Evaporation and transpiration 24
General 23
Ground water 25
Lakes 27
Precipitation 23
Snow and ice 24
Streamflow 24
Water and plants 28
Water in soils 26
Water demand 42
Water development impacts 44
Water enhanced environment 48
Water in the soil 26,32
Water law 42
Institutional aspects 42
Water management 19,30,31,34,39
Estuaries 13
Ground water 15
Institutions for 15
International 10
Municipal 19
Socio-economics of 21
Water quality management and protection 34
Effects of pollution 35
Identification of pollutants 34
Sources and fate of pollution 34
Ultimate disposal of waste 38
Waste treatment processes 37
Water quality control 39
Water treatment 38
Water quantity management and control 31
Control of water on the land 32
Ground water management 32
Impacts of man's activities on water 33
Water scarcity 5
Water supply augmentation and conservation 29
Conservation in agriculture 31
Conservation in domestic use 30
Conservation in industry 30
Saline water conversion 29
Use of water of impaired quality 30
Water yield improvement 30
Weather modification 31
Water treatment 38
Weather modification 31

Yield 30

Recherches sur les ressources en eau au Canada a la fin des annees 1970

A R Lefeuvre

ETUDE N 4 SERIE DES ATELIERS TECHNIQUES

DIRECTION GENERALE DES EAUX INTERIEURES
OTTAWA CANADA 1984

English edition available

Canada

Environnement Canada
Environment Canada

Recherches sur les ressources en eau au Canada à la fin des années 1970

A.R. Lefeuvre

ÉTUDE Nº 4, SÉRIE DES ATELIERS TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
OTTAWA, CANADA, 1984

(English on reverse)

Préface

Ce rapport donne une évaluation du niveau et de l'orientation actuels de la recherche sur les eaux au Canada. Les résultats obtenus sont comparés à ceux d'une évaluation antérieure effectuée en 1966 et les nouvelles tendances dans le domaine de la gestion des ressources en eau sont cernées en vue des recherches à venir.

Cette évaluation a été conçue non seulement pour identifier les nouvelles tendances en matière de gestion des ressources, mais également pour déterminer où les problèmes étaient le plus importants, et de quelle façon ils s'articulaient aux diverses catégories de recherche, quelles étaient les lacunes dans nos connaissances et jusqu'à quel point les recherches en cours fournissaient l'information nécessaire pour trouver des solutions aux problèmes.

Si la nécessité de brosser un tableau national ne faisait pas de doute, il n'en était pas moins également nécessaire et avantageux de déterminer les préoccupations et points de vue propres à chaque région du Canada. C'est pourquoi des ateliers ont été tenus dans cinq villes du Canada, de Halifax à Vancouver. De cette façon, en plus de prendre pleinement conscience des besoins et des problèmes propres à leurs régions, les gestionnaires des ressources en eau ont pu prendre connaissance des besoins semblables ou différents ressentis dans les autres régions, de même que des préoccupations et des priorités nationales. Le programme national peut ainsi tenir compte de tous les points de vue et regrouper les problèmes communs à chacune des régions.

Résumé

Cette évaluation de l'effort de recherche total (exprimé en termes de dollars dépensés) en matière de ressources en eau au Canada pendant l'année financière 1979-1980 a été effectuée au moyen de questionnaires écrits envoyés par la poste et d'entrevues personnelles. Les résultats de cette enquête sont présentés en fonction de quatre secteurs économiques - le gouvernement fédéral, les gouvernements provinciaux, les universités et l'entreprise privée - en termes de dollars dépensés. Il s'agissait de savoir qui fait la recherche et qui la finance. Une comparaison des allocations actuelles des ressources (1979) et des allocations relevées dans une étude semblable effectuée en 1968 par Bruce et Maasland et intitulée «La recherche dans le domaine de l'eau au Canada» nous a permis de déterminer les changements survenus dans le financement de la recherche pendant cette période. Les problèmes de gestion des ressources en eau au niveau régioanl et les besoins en recherches connexes (pour la présente décennie et la prochaine) ont également été déterminés grâce à cinq ateliers régionaux tenus dans le pays. Les besoins en recherches sont présentés en fonction de 9 catégories et de 49 sous-catégories.

Table des matières

Préface..... iii

Résumé..... iv

Liste des tableaux..... vi

Introduction..... 1

L'évaluation de 1966..... 1

Détermination du niveau de l'effort de recherche..... 3

L'effort de recherche actuel..... 4

Les ateliers..... 4

Une comparaison des efforts de recherche - 1966 et 1979..... 5

Evolution des conditions de la recherche..... 8

Les nouvelles tendances..... 10

Conclusions..... 11

Annexe

I. Nouvelles tendances régionales en matière de gestion des ressources en eau

II. Nouvelles tendances selon les catégories de recherche

Tableaux

Tableau 1 Origine du financement des recherches sur les ressources en eau - 1979..... 6

Tableau 2 Les dépenses en recherches sur les ressources en eau - 1979..... 6

Tableau 3 Les fonds alloués en 1966 aux recherches sur les ressources en eau, exprimés en dollars de 1979..... 7

Tableau 4 Comparaison entre les fonds de recherche sur les ressources en eau de 1966 et 1979..... 9

Tableau 5 Distribution procentuelle des fonds alloués aux recherches selon les catégories en 1966 et en 1979..... 13

Introduction

La saine gestion des ressources en eau, responsabilité partagée par tous les paliers de gouvernement, nécessite une bonne connaissance de la question, fondée sur la recherche et la collecte de données. Il est évident que cet effort de recherche doit être évalué périodiquement afin de s'assurer qu'il est suffisant et qu'il est bien orienté.

La Direction générale des eaux intérieures (DGEI) d'Environnement Canada a entrepris une telle évaluation en 1979 afin de déterminer le niveau actuel et l'orientation des recherches en matière de ressources en eau au Canada et, par là, de définir l'orientation que devraient prendre les futurs efforts de recherche au pays.

Cette enquête, effectuée au niveau national, comportait deux phases. La première phase visait à établir comme tel l'effort de recherche en 1979; elle a été réalisée par E.F. Durrant au moyen d'un questionnaire et d'entrevues personnelles. La deuxième phase consistait en une série d'ateliers tenus dans les régions; il s'agissait de recueillir directement des informations auprès des gestionnaires des ressources en eau et des gestionnaires en recherches dans les diverses régions du pays puisque c'est à ce niveau que repose la plus grande part des responsabilités en matière de gestion. Les diverses régions ont souvent par ailleurs des besoins très différents qu'il est fort intéressant de connaître.

Les recherches sur les ressources en eau au Canada sont financées ou effectuées par quatre secteurs économiques différents - le gouvernement fédéral, les gouvernements provinciaux, les universités et l'entreprise privée. Le présent rapport tient compte de cet apport partagé et établit la part de financement qui revient à chaque secteur; il distingue également, le cas échéant, les recherches financées par un secteur, mais effectuées par un autre.

Pour préparer les ateliers et fournir une base de discussion, trois documents de travail ont été rédigés et distribués d'avance : La recherche sur les ressources en eau au Canada : 1979/1980, par E.F. Durrant, Comment mieux faire fructifier les sommes consacrées aux recherches sur l'environnement, par André Marsan et Associés, et Le contexte changeant de la recherche sur les ressources en eau au Canada, par le Dr W.R. Derrick Sewell.

L'évaluation de 1966

Ce n'est pas la première fois que le gouvernement fédéral évalue l'état de la recherche sur les ressources en eau au pays. En 1968, le secrétariat à la science publiait en effet un rapport intitulé La recherche dans le domaine de l'eau au Canada par Bruce et Maasland. Le présent rapport peut donc être considéré comme une suite du rapport de 1968; un de ses chapitres traite d'ailleurs des tendances de la recherche depuis 1968.

Le rapport Bruce-Maasland est paru à un moment où l'intérêt pour les questions environnementales prenait de plus en plus d'ampleur et a aidé à attirer l'attention sur l'importance de la gestion des ressources en eau. Il s'agissait en effet de la première analyse exhaustive des recherches sur les ressources en eau en cours au Canada et, comme tel, ce document constitue un excellent point de référence. Les nombreuses recherches menées dans les Grands lacs à la fin des années 60 et au début des années 70 témoignent bien de l'intérêt accru que l'on a porté alors aux ressources en eau, et notamment à la qualité de l'eau. La création du ministère de l'Environnement fédéral, la proclamation de la Loi sur les ressources en eau du Canada, de même que la création de deux nouveaux instituts de recherches par le gouvernement fédéral à Burlington en Ontario et à Winnipeg au Manitoba découlent d'ailleurs de cet intérêt. Après plus d'une décennie de croissance et de changement, il semblait opportun de mettre à jour le rapport de 1968 et d'évaluer le travail accompli au cours de la dernière décennie afin de préparer la prochaine.

Le rapport Bruce-Maasland tenait compte des mêmes secteurs institutionnels que celui-ci, soit le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux, les universités et l'entreprise privée. Nous avons également utilisé la même classification des activités de recherche. Cette classification est en fait une adaptation de la classification établie par le Comité sur la recherche sur les ressources en eau du Conseil fédéral pour les sciences et la technologie des Etats-Unis. Les grandes catégories adoptées par Bruce et Maasland sont les suivantes :

1. Nature de l'eau
2. Cycle de l'eau
3. Augmentation et conservation des ressources hydrauliques
4. Gestion et contrôle des ressources hydrauliques
5. Gestion et protection de la qualité de l'eau
6. Aspects sociaux, économiques et institutionnels
7. Répertoire d'information sur les ressources hydrauliques
8. Travaux de génie

Bien sûr, comme dans toute classification, il est souvent difficile de déterminer à quelle catégorie appartient tel ou tel projet de recherche précis. L'adoption de plus en plus courante d'une approche multidisciplinaire ne simplifie d'ailleurs pas les choses à cet égard. D'autres classifications auraient pu être envisagées, mais afin d'assurer une certaine continuité avec le rapport de 1968, nous avons décidé d'adopter le même schéma que celui de Bruce-Maasland.

Nous avons quand même apporté un changement majeur à la liste ci-dessus. Depuis le rapport de 1968 en effet, la question de la gestion de l'environnement et de l'évaluation d'impact environnemental a pris beaucoup d'importance. C'est pourquoi nous avons jugé nécessaire d'ajouter une neuvième catégorie intitulée «Gestion et protection de l'environnement». Cette catégorie inclut les études sur l'impact sur les systèmes écologiques de la régularisation du niveau des lacs et des changements apportés aux régimes des rivières. Elle englobe également certaines études économiques et institutionnelles.

Détermination du niveau de l'effort de recherche

Les données compilées par Bruce-Maasland et par Durrant donnent une indication du niveau de l'effort de recherche en fonction des budgets qui y sont consacrés. Bien sûr, l'effort de recherche devrait être idéalement évalué en fonction des nouvelles connaissances qui ont été acquises. Mais comme cela est pratiquement impossible à quantifier, nous avons dû poser l'hypothèse qu'en moyenne, les résultats obtenus (les nouvelles connaissances) sont, en gros, proportionnels au niveau quantifiable de l'effort. Cela suppose que tout effort de recherche a la même efficacité, ce qui, bien sûr, n'est pas le cas.

Pour les fins du présent rapport, nous avons supposé qu'en moyenne les budgets de recherche alloués par catégorie constituent un indice raisonnable du niveau de l'effort de recherche, même si cela n'est pas un très bon indice des résultats obtenus. Les budgets de recherche comprennent plusieurs postes qui sont souvent comptabilisés de façon différente selon les institutions.

Le niveau de recherche établi par Bruce et Maasland est représentatif de l'année financière 1966-1967, soit du 1er avril 1966 au 31 mars 1967. Comme certains organismes fonctionnaient selon des années financières différentes, la période évaluée équivaut en gros à l'année civile 1966 ou à la saison de travail sur le terrain pour l'année 1966. Le rapport de Durrant se base sur des évaluations du niveau de l'effort de recherche établies pour l'année financière 1979-1980 ou, grossièrement, la saison de travail sur le terrain 1979. Par conséquent, il y a, entre les deux évaluations, un écart de 13 ans.

Les coûts directs d'un projet de recherche sont habituellement facilement calculables. Ils englobent les salaires, l'exploitation et l'entretien, ainsi que les frais de capital. Parfois, les coûts en salaires doivent être évalués en multipliant le nombre d'années-personnes par un salaire annuel moyen; les frais d'exploitation et d'entretien sont généralement établis par projet et les frais de capital sont directement déterminables au moyen de l'équipement utilisé.

Les frais indirects et les frais généraux sont cependant moins faciles à établir. Ils comprennent les frais d'administration et de services courants tels que les frais de bibliothèque, les installations

d'utilisation commune et le logement. Dans certains cas, la quantification de l'effort de recherche est compliquée encore par la fourniture de services «gratuits» par d'autres organismes. Certaines institutions répartissent ces frais généraux entre les divers projets de recherche au prorata. Dans de nombreux cas, toutefois, ce poste important est omis des frais comptabilisés.

L'effort de recherche actuel

Le rapport Durrant donne une bonne évaluation du niveau de l'effort de recherche sur les ressources en eau en 1979. Il faut cependant reconnaître que la base de données est incomplète. Quiconque travaille sur le terrain pourrait, sans aucun doute, trouver des omissions flagrantes ou des erreurs de classification. Dans l'ensemble, toutefois, le rapport est assez représentatif de l'effort courant en termes monétaires. Il permet également de relier les discussions en atelier à l'étude antérieure. L'inclusion d'une description complète de la classification est particulièrement précieuse. Les données tirées de ce rapport sont présentées aux tableaux 1 et 2. Les chiffres qui apparaissent dans ces tableaux diffèrent légèrement de ceux du rapport Durrant étant donné que certaines données supplémentaires provenant de la Colombie-Britannique ont été ajoutées après la publication du rapport.

Les ateliers

Chaque atelier régional a commencé par la présentation d'un mémoire rédigé par le bureau régional de la Direction générale des eaux intérieures. Il s'agissait de préparer le terrain pour la définition d'une perspective régionale et d'identifier certaines des questions qui devaient être abordées dans les groupes de travail. Ces mémoires variaient beaucoup d'un atelier à l'autre. Les discussions qui ont suivi la présentation des mémoires ont permis d'établir une bonne base pour les discussions ultérieures dans les groupes de travail.

Le principal objectif de ces ateliers régionaux était de réunir les représentants locaux des quatre secteurs institutionnels, soit le gouvernement fédéral, le gouvernement provincial, les universités et le secteur privé. Idéalement, il aurait dû y avoir une représentation égale de chacun de ces secteurs dans les ateliers et dans chacun des groupes de travail. En fait, cet objectif n'a jamais été atteint. Chacun des secteurs était représenté, mais pas en nombre égal.

En pratique, les participants aux ateliers ont été divisés en quatre groupes de travail pour les discussions détaillées. Ces groupes se réunissaient l'après midi du premier jour et remettaient leur rapport en plénière dans l'après midi de la deuxième journée. Plus de la moitié des ateliers était donc consacrée au travail de groupe. Les thèmes des groupes de travail étaient les suivants :

groupe 1 Données sur les ressources en eau et hydrologie

groupe 2 Gestion des ressources hydrauliques et travaux de génie

groupe 3 Gestion de la qualité des eaux et impacts

groupe 4 Problèmes socio-économiques

Idéalement, chaque groupe de travail aurait dû réunir des représentants de chacun des quatre secteurs institutionnels. Cela n'est bien sûr pas arrivé. Dans la plupart des cas, toutefois, au moins deux ou trois secteurs étaient représentés. L'important est que chaque participant a eu amplement l'occasion d'exprimer son point de vue. Il y avait suffisamment de diversité pour favoriser la discussion. La réunion plénière a également permis d'aborder certains sujets non abordés dans les groupes de travail.

A la séance plénière de clôture, chaque groupe devait faire un rapport d'environ dix minutes, ce qui laissait 20 minutes pour les discussions. Ces discussions ont eu un succès varié, mais dans chaque atelier, on n'a jamais manqué de temps pour faire un «résumé de la situation».

Il apparaît, après coup, qu'il aurait dû y avoir une meilleure représentation des grands utilisateurs des eaux tel que le secteur agricole et les pêcheries, tant au niveau fédéral qu'au niveau provincial.

La participation totale à chacun des ateliers variait de 26 à 31 personnes, ce qui est près de l'objectif de 30 personnes jugé optimal pour un atelier de ce genre.

Comparaison des efforts de recherche - 1966 et 1979

Comme la classification utilisée n'est pas identique dans les deux rapports, on pourrait croire qu'une comparaison directe n'est pas possible. Toutefois, bien que l'étude de Bruce-Maasland ne comporte pas la catégorie «gestion et protection de l'environnement», il ne s'ensuit pas qu'une étude n'a pas été entreprise dans ce domaine à l'époque. Cela veut plutôt dire que ce genre de recherche a été inclus dans une autre catégorie.

L'inflation a été l'une des principales données économiques de la période évaluée et il est important d'en tenir compte lorsque l'on compare les chiffres de 1966 et 1979. Durrant tient compte de ce facteur comme suit : «pour convertir les dépenses de 1966 en équivalent de 1979, nous avons supposé qu'un dollar de 1966 équivaut à 2.43 dollars de 1979». Ce facteur vient de l'indice des prix implicites des dépenses nationales brutes telles que rapportées dans les comptes nationaux des revenus et des dépenses. Le tableau 3 donne donc les dépenses en recherche de 1966 en dollars de 1979.

TABLEAU 1 ORIGINE DES FONDS DESTINES A LA RECHERCHE SUR LES RESSOURCES EN EAU - 1979 (en milliers de dollars)

ORIGINE	CATEGORIE									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	TOTAL
FEDERAL	310	6,840	490	710	14,520	910	1,160	1,610	2,610	29,160
PROVINCIAL	160	3,480	40	1,540	4,510	180	720	290	4,480	15,400
PRIVE	-	1,200	20	20	1,740	80	110	1,760	1,120	6,050
UNIVERSITE	-	630	30	-	270	60	280	80	40	1,390
TOTAL	470	12,150	580	2,270	21,040	1,230	2,270	3,740	8,250	52,000

TABLEAU 2 DEPENSES EN RECHERCHES SUR LES RESSOURCES EN EAU - 1979 (en milliers de dollars)

ORIGINE	CATEGORIE									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	TOTAL
FEDERAL	210	5,260	290	660	11,050	680	800	390	2,200	21,540
PROVINCIAL	-	2,860	40	1,630	2,710	620	600	280	4,380	13,120
PRIVE	-	1,760	20	20	3,360	80	190	3,000	1,400	9,830
UNIVERSITE	70	2,610	260	150	2,810	140	540	880	460	7,920
TOTAL	280	12,490	610	2,460	19,930	1,520	2,130	4,550	8,440	52,410

*Voir le tableau 5 pour obtenir des précisions sur les catégories 100, 200, 300 etc.

TABLEAU 3 FONDS ALLOUES EN 1966 AUX RECHERCHES SUR LES RESSOURCES EN EAU EXPRIMES EN DOLLARS DE 1979
(en milliers de dollars)

ORIGINE	CATEGORIE									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	TOTAL
FEDERAL (plus étranger & autre)	60	6,680	930	550	3,610	550	860	920	0	14,160
PROVINCIAL	0	2,300	100	170	710	90	150	20	0	3,540
PRIVE	40	60	10	0	1,710	0	30	220	0	2,070
UNIVERSITE	0	490	10	0	110	40	0	20	0	670
TOTAL	100	9,530	1,050	720	6,140	680	1,040	1,180	0	20,440

*Voir le tableau 5 pour obtenir des précisions sur les catégories 100, 200, 300 etc.

Le tableau 4 compare l'effort de recherche effectué en 1966 et en 1979; on peut voir que les sommes totales sont passées de 20 millions (en dollars de 1979) en 1966 à 52 millions de dollars en 1979.

Le tableau 5 donne la distribution en pourcentage des fonds alloués dans chacune des catégories en 1966 et en 1979. La première chose qui ressort est l'augmentation considérable des fonds alloués à la recherche en matière de gestion et de protection de la qualité de l'eau. Ces fonds sont en effet passés de 30 % des fonds totaux en 1966 à 40 % en 1979-1980. Cette augmentation, alliée à l'augmentation du total des fonds alloués à la recherche (facteur de 2%), a fait passer les dépenses dans cette catégorie de 6 millions de dollars en 1966 à 21 millions en 1979-1980. Cela est attribuable à l'importante augmentation du nombre de programmes fédéraux. Une grande part des sommes dépensées par le fédéral a été consacrée aux recherches sur les Grands lacs.

Une autre variation observée au tableau 5 est la chute notable dans l'importance relative des recherches sur le cycle de l'eau, qui passe de 47 % à 24 %. Toutefois, compte tenu de l'augmentation des dépenses totales, cette catégorie a connu en réalité une petite augmentation en termes absolus, passant de 9.5 millions de dollars en 1966 à 12 millions de dollars en 1979-1980. C'est probablement l'inquiétude de plus en plus marquée au cours de la dernière décennie au pays au sujet de la qualité de l'eau qui est à l'origine de cette baisse d'intérêt pour la recherche sur le cycle de l'eau.

Mises ensemble, les augmentations des dépenses dans les catégories gestion et protection de la qualité de l'eau (15 millions de dollars) et gestion et protection de l'environnement (8 millions de dollars) représentent 75 % de l'augmentation globale des sommes allouées à la recherche sur les eaux entre 1966 et 1979-1980. L'augmentation de l'effort de recherche dans toutes les autres catégories s'est limitée à des montants relativement faibles. La concentration des fonds et du personnel sur les problèmes relevant de ces deux catégories reflète donc à n'en pas douter les priorités des gouvernements au cours de la dernière décennie.

Evolution des conditions de la recherche

Durrant fait remarquer que l'augmentation de 250 % dans l'effort de recherche sur les ressources en eau entre 1966 et 1979 est quand même de beaucoup inférieure aux recommandations du rapport Bruce-Maasland. Cela est dû à l'affaiblissement généralisé de l'économie canadienne. L'environnement et notamment la qualité de l'eau ont été des sujets très «chauds» au cours de cette période. Toutefois, sauf pour ce qui est de l'accent mis sur la recherche sur la qualité de l'eau dans les Grands lacs, il n'a guère été possible d'accroître les efforts dans les autres domaines. Les programmes de recherche portant sur les Grands lacs

TABLEAU 4 COMPARAISON DES FONDS ALLOUES A LA RECHERCHE EN 1966 ET 1979 (en milliers de dollars et en pourcentage)

ORIGINE		CATEGORIE									Total
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	
Fédéral	1966	60	6,680	930	550	3,610	550	860	920	0	14,160
	1979	310	6,840	490	710	14,520	910	1,160	1,610	2,610	29,160
	Changement	250	160	- 440	160	10,910	360	300	690	2,610	15,000
	Changement en %	417	2	- 47	29	302	65	35	75	Considérable	106
Provincial	1966	0	2,300	100	170	710	90	150	20	0	3,540
	1979	160	3,480	40	1,540	4,510	180	720	290	4,480	15,400
	Changement	160	1,180	- 60	1,370	3,800	90	570	270	4,480	11,860
	Changement en %	Considérable	51	- 60	806	535	100	380	1,350	Considérable	335
Privé	1966	40	60	10	0	1,710	0	30	220	0	2,070
	1979	0	1,200	20	20	1,740	80	110	1,760	1,120	6,050
	Changement	-40	1,140	10	20	30	80	80	1,540	1,120	3,980
	Changement en %	Considérable	1,900	100	Considérable	2	Considérable	267	700	Considérable	192
Université	1966	0	490	10	0	110	40	0	20	0	670
	1979	0	630	30	0	270	60	280	80	40	1,390
	Changement	0	140	20	0	160	20	280	60	40	720
	Changement en %	0	29	200	0	145	50	Considérable	300	Considérable	107
Total	1966	100	9,530	1,050	720	6,140	680	1,040	1,180	0	20,440
	1979	470	12,150	580	2,270	21,040	1,230	2,270	3,740	8,250	52,000
	Changement	370	2,620	- 470	1,550	14,900	550	1,230	2,560	8,250	31,560
	Changement en %	370	27	- 45	215	243	81	118	217	Considérable	154

* Voir le tableau 5 pour obtenir des précisions sur les catégories 100, 200, 300, etc.

ont d'autre part reçu un appui supplémentaire à la signature de l'Accord Canada-Etats-Unis sur la qualité de l'eau dans les Grands lacs le 15 avril 1972.

Cet accord prévoyait en effet la tenue de deux importantes études sous les auspices de la Commission mixte internationale (CMI). La première étude, qui portait sur la qualité de l'eau dans les lacs Supérieur et Huron, a été effectuée par le groupe de référence du bassin supérieur des Grands lacs. Il s'agissait essentiellement de la suite d'une étude semblable effectuée plus tôt dans les lacs Erié et Ontario de même que dans le secteur international du Saint-Laurent pendant la période de 1966-1969. Le groupe de référence a été créé en 1972 et a soumis son rapport à la CMI en 1976. La deuxième étude visait à déterminer les charges de pollution pénétrant dans les Grands lacs en fonction des diverses activités sur terre. Ces charges diffuses ou non ponctuelles sont apparues comme une source importante, mais mal quantifiée de pollution dans les Grands lacs. Le groupe d'acquisition de données sur la pollution due à l'utilisation des terres (PLUARG) a été créé en 1972 et a remis son rapport à la CMI en 1978.

En 1966, l'étude sur le bassin inférieur des Grands lacs venait tout juste de commencer; elle représentait l'un des principaux efforts de recherche du gouvernement fédéral et de l'Ontario. Pour répondre aux besoins de cette étude, un grand centre de recherche, le Centre canadien des eaux intérieures, a été construit à Burlington en Ontario.

Tous ces programmes mis en oeuvre dans les Grands lacs rendent difficile l'analyse des tendances dont nous avons déjà parlé. Comme il n'y a que deux points de référence (1966 et 1979), il est tentant de supposer une relation en ligne droite entre les deux. En fait, il y a eu une diminution importante dans la recherche depuis le milieu des années 70. Les deux études de la CMI ont été menées à terme pendant cette période et les programmes de recherche spéciaux entrepris dans le cadre de l'accord Canada-Ontario sur la qualité de l'eau dans les Grands lacs de 1971 ont également pris fin.

Depuis le début des années 70, la plupart des budgets de recherche sont demeurés au même niveau ou ont décru en termes de dollars constants. Même à des niveaux équivalents, l'inflation a lourdement grevé l'effort de recherche.

Nouvelles tendances

Les nouvelles tendances en matière de gestion des ressources en eau peuvent être groupées de plusieurs façons pour faire ressortir leur rapport à d'autres facteurs. Dans l'annexe qui accompagne ce texte, nous groupons ces questions selon deux classifications : i) la région physiographique où ces tendances se manifestent, et ii) la catégorie de recherche à laquelle la tendance appartient.

Lors du choix d'une classification pour le groupement des tendances selon leur région d'apparition, nous avons noté que les grandes régions physiographiques utilisées par Energie, Mines et Ressources du Canada font face à des défis très différents en matière de gestion des ressources en eau. Les régions en question sont, par ordre d'importance en superficie, le Bouclier canadien, les Plaines intérieures, la Cordillère, les Basses terres et les Plateaux de l'Arctique, les Basses terres de la Baie d'Hudson, les Appalaches, la Région inuitienne ainsi que les Basses terres des Grands lacs et du Saint-Laurent. Nous avons adopté cette même classification par région sauf pour ce qui est des Basses terres et des plateaux de l'Arctique, des Basses terres de la Baie d'Hudson et de la région inuitienne, que nous avons groupés, avec les extrémités septentrionales du Bouclier, des Plaines intérieures et de la Cordillère, sous la rubrique générale de Grand Nord. La première partie de l'annexe décrit en détail les tendances relevées au niveau régional.

Comme dans la plupart des discussions pendant les ateliers, on a plutôt adopté la classification par type de recherche, il est tout naturel que nous l'ayons aussi adoptée dans la seconde partie de l'annexe. Le fait de relier les nouvelles tendances à des domaines de recherche précis permet de rattacher les problèmes à des activités de recherche précises et, inversement, d'orienter l'application des nouvelles connaissances en fonction des besoins réels des gestionnaires en ressources en eau.

Conclusions

Les données et opinions recueillies ici nous permettent de tirer plusieurs conclusions en ce qui a trait à la recherche sur les ressources en eau au Canada. Parmi les conclusions les plus évidentes, mentionnons les suivantes:

Problèmes propres à une région : D'après les informations recueillies dans les ateliers régionaux, il semble très clair que de nombreux problèmes de gestion des ressources en eau sont propres aux régions. Par exemple, le problème abordé par l'accord sur la qualité de l'eau dans les Grands lacs est propre à l'Ontario et les questions soulevées à propos de l'estuaire du Fraser sont propres à la Colombie-Britannique. Il ne s'ensuit pas nécessairement que les recherches à entreprendre pour traiter ces questions aient également un caractère «régional». Par exemple, l'étude effectuée sur les substances toxiques pourrait être également valable pour les Grands lacs et l'estuaire du Fraser.

Il est important de tenir compte des problèmes propres à chaque région lorsque l'on élabore des programmes de recherche qui, en eux-mêmes, peuvent avoir une application générale. La rétroaction que reçoivent les gestionnaires régionaux des ressources en eau doit pouvoir leur servir à quelque chose.

Problèmes multi-régionaux : Un certain nombre de problèmes importants relevés ci-dessus sont communs à plusieurs ou à toutes les régions. Ces préoccupations plus globales pourraient être prioritaires et, ce qui est plus important, nécessiter une réponse nationale plutôt que régionale.

Le problème des substances toxiques dans tout le Canada et même dans le monde entier demande une approche aussi bien nationale que régionale.

Le transport à distance des polluants atmosphériques, est, de par sa nature même, un problème qui touche plusieurs régions. L'air pollué se déplace sur de longues distances entre le point d'origine et le point d'impact et ne respecte ni les frontières géographiques, ni les frontières politiques.

Comme les problèmes de gestion des ressources en eau soulevés par l'industrie forestière se posent dans chaque région, toute recherche à ce sujet peut avoir de vastes applications.

L'agriculture est pratiquée dans presque toutes les régions. Le type d'agriculture varie considérablement d'une région à l'autre - culture de céréales dans les prairies des Plaines intérieures, culture des fruits dans la vallée d'Annapolis dans la région des Appalaches -, mais un des facteurs communs à toutes ces cultures est le besoin en eau. En effet, l'agriculture est l'un des principaux utilisateurs des ressources en eau; heureusement, la majeure partie des approvisionnements est assurée directement grâce aux précipitations de pluie ou de neige, qui font partie du cycle de l'eau.

Un déplacement au profit des questions qualitatives : L'analyse des tendances passées en matière de financement fait ressortir clairement un changement majeur dans l'activité de recherche en faveur des aspects qualité de l'eau et impact environnemental. Ce changement a été accompagné par une réduction importante des recherches sur le cycle de l'eau. Les fonds alloués à la catégorie 300, Augmentation et conservation des réserves en eau, sont en effet passés de 5 % en 1966 à 1 % en 1979.

Si les montants alloués à la catégorie Gestion et protection de l'environnement étaient redistribués entre les autres catégories utilisées par Bruce-Maasland, à raison de 60 % dans la catégorie Gestion et protection de la qualité de l'eau et 40 % à la catégorie Aspects économiques, sociaux et institutionnels, les montants appartenant à la première catégorie atteindraient presque la moitié de toutes les ressources tandis que ceux alloués à la deuxième catégorie n'augmenteraient que jusqu'à 9 %. Cette redistribution fait encore mieux ressortir le déplacement qui s'est opéré entre catégories avec le temps.

Tendances en matière de financement : L'ensemble des ressources allouées pour toutes les catégories a augmenté de 250 % entre 1966 et 1979 en

dollars constants. Cela représente une augmentation considérable en 13 ans, mais peut-être est-ce davantage un indice de la faiblesse des ressources allouées à la recherche en 1966 plutôt que de l'importance des ressources qui y sont consacrées en 1979. Si les recommandations du rapport Bruce-Maasland avaient été suivies, les budgets de 1966 auraient été multipliés par neuf.

L'appui apporté par le fédéral aux recherches sur les ressources en eau a plus que doublé en 13 ans, passant de 14.2 millions à 29.2 millions de dollars; pendant le même intervalle, l'appui apporté par les gouvernements provinciaux a quadruplé, passant de 3.5 millions à 15.4 millions de dollars.

TABLEAU 5 DISTRIBUTION PROCENTUELLE DES SOMMES ALLOUEES PAR CATEGORIES EN 1966 et 1979

Catégorie		Pourcent du total 1966	1979
100	Nature de l'eau	0.5	0.5
200	Cycle de l'eau	47	24
300	Augmentation et conservation des ressources hydrauliques	5	1
400	Gestion et contrôle des ressources hydrauliques	4	4.5
500	Gestion et protection de la qualité de l'eau	30	40.5
600	Aspects sociaux, économiques et institutionnels	3	2
700	Répertoire d'information sur les ressources hydrauliques	5	4.5
800	Travaux de génie	5.5	7
900	Gestion et protection de l'environnement	-	16
		100	100

ANNEXE

I. Nouvelles tendances régionales en matière de gestion des ressources en eau 1

II. Nouvelles tendances selon les catégories de recherche 26

Index de l'Annexe 62

I. NOUVELLES TENDANCES REGIONALES EN MATIERE DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU

1 Région de la Cordillère

La région de la Cordillère a une largeur d'environ 800 km, une longueur de 2500 km approximativement et comprend le plus grand complexe de systèmes de montagnes et de plateaux du Canada. L'âge des roches varie du précambrien au tertiaire-quaternaire. Deux systèmes de montagnes prédominent : la région des montagnes Rocheuses à l'est et la région de la chaîne côtière à l'ouest.

Cette région est celle qui produit le plus de bois d'oeuvre au Canada et, par conséquent, possède une industrie considérable des pâtes et papiers. Bien qu'il n'y ait que peu de terres cultivables, la production laitière et la culture de fruits sont importantes, par exemple dans les vallées de l'Okanagan et du Fraser inférieur. L'irrigation est pratiquée de façon extensive dans les régions de l'intérieur qui, contrairement aux régions côtières humides, atteignent même des conditions désertiques dans les régions sous le vent abritées des précipitations. Le potentiel hydro-électrique est énorme et l'une des principales questions dans cette région porte sur son développement éventuel.

1.1 Energie hydro-électrique

En vertu de la politique énergétique mise en oeuvre par son gouvernement provincial, la Colombie-Britannique est engagée dans un programme de développement des ressources hydro-électriques des rivières, notamment celles de la Paix, Columbia, Stikine-Iskut, Liard, Homathko, etc. Comme la plupart de ces rivières sont situées dans des régions éloignées de la province où il n'existe pratiquement pas de données hydrologiques (ou tout au mieux portent sur de brèves périodes), sur le débit, la climatologie, les sédiments en suspension, la glace et la qualité de l'eau, la collecte de ces données est d'une importance primordiale. Des travaux de recherche sont nécessaires de toute urgence dans toutes ces catégories, de manière à fournir des informations requises pour la conception des projets et pour les évaluations des impacts environnementaux. La collecte des données de même que l'établissement de modèles sur les impacts sont des impératifs immédiats.

1.2 Utilisation multiple

En raison du développement en voie d'expansion, l'utilisation multiple des bassins hydrographiques devient une nécessité. L'exploitation forestière et minière, l'agriculture, les pêches, l'urbanisation, l'approvisionnement en eau, la construction d'autoroutes et les loisirs ne sont que quelques-unes des utilisations conflictuelles qui ont un impact sur les bassins

hydrographiques. L'estuaire du Fraser, qui présente un important défi pour la gestion des ressources en eau en Colombie-Britannique, n'est que l'un des exemples du problème.

Comme il a été mentionné ci-dessus, le relief montagneux de la Cordillère n'offre qu'un minimum de terres à vocation agricole et se prêtant à l'aménagement urbain. L'une des plus vastes régions marquées par une telle caractéristique est le delta et l'estuaire du fleuve Fraser. La ville de Vancouver et la majorité de la population se trouvent dans cette région. L'estuaire est la ressource de base d'une multitude d'utilisations souvent conflictuelles. Pour les saumons migrateurs, il donne accès au cours supérieur du Fraser. C'est le point terminal des opérations de l'exploitation forestière. C'est le principal habitat de la sauvagine et également le récepteur des déchets liquides provenant des municipalités et des industries locales. Les terres marécageuses du delta sont un site attrayant pour l'aménagement des terres. Les pentes abruptes du bassin versant et le faible relief du delta représentent des dangers particuliers d'inondation. Les réservoirs en amont aident à réduire les risques d'inondation et également à produire de l'électricité. Malheureusement, ils compliquent aussi l'accès des saumons aux frayères en amont.

La dégradation de la qualité de l'eau nuit aux habitats des poissons et de la sauvagine et contrecarre les projets de loisirs. Le développement industriel et l'aménagement urbain modifient la qualité et la quantité du drainage. La perméabilité moyenne réduite en raison du revêtement des routes et des toits augmente le ruissellement dont la qualité est altérée, même dans les égouts pluviaux séparatifs. Les déversements ponctuels de stations de traitement des eaux usées et d'industries compliquent le problème.

L'habitat intertidal joue un rôle important pour la sauvagine. L'importance de ces zones pour le saumon n'est pas bien comprise. De fortes pressions se font sentir pour draguer et combler ces zones à des fins de développement industriel et d'aménagement résidentiel.

L'exploitation forestière représente une importante entreprise industrielle dans l'estuaire depuis de nombreuses années. Cette utilisation peut avoir, toutefois, des impacts préjudiciables sur les autres utilisations comme les pêches et la sauvagine. Les processus en présence sont mal compris.

Les descriptions des utilisations multiples et conflictuelles des eaux de l'estuaire du Fraser, mentionnées ci-dessus, pourraient également être attribuées, en partie, à de nombreux autres sites de gestion des ressources en eau. La question primordiale porte sur les méthodes de gestion des systèmes d'utilisation multiples des ressources en eau.

1.3 Myriophylle verticillé eurasien

Les valeurs récréatives et esthétiques de certains lacs sont en voie de dégradation à cause de la prolifération de la végétation exotique. Le myriophylle verticillé eurasien a été introduit accidentellement en Amérique du Nord et s'est répandu rapidement pour infester de nombreux réseaux d'eau douce. Ce problème est particulièrement grave dans le réseau Okanagan. Des méthodes chimiques, biologiques et mécaniques sont étudiées actuellement pour lutter contre cette plante. Les principales questions à l'étude sont l'économie de la lutte contre cette plante et l'impact de cette lutte sur la qualité de l'eau.

1.4 Dérivations inter-bassins

Malgré l'absence de plan destiné à dériver des eaux vers les Etats-Unis, il existe des plans pour la dérivation inter-bassins des eaux à l'intérieur de la région. Deux projets sont actuellement à l'étude en vue de dériver vers le nord les rivières Kootenay et McGregor qui coulent vers le sud.

La dérivation inter-bassins suscite une préoccupation majeure puisqu'elle pourrait introduire des espèces biologiques étrangères qui risquent de perturber l'équilibre écologique du bassin récepteur. Ces préoccupations ont soulevé un point de litige important sur la proposition visant à dériver de façon massive la rivière Garrison dans le bassin hydrographique de la rivière Rouge. Le problème porte sur les impacts socio-économiques et environnementaux de la dérivation inter-bassins des ressources en eau.

1.5 Inondation

Les inondations représentent un problème très grave dans la région de la Cordillère. Les pentes abruptes et imperméables de même que les cultures dans les champs d'inondation des vallées étroites sont responsables des dommages causés par les inondations périodiques. Des solutions structurales et non structurales doivent être trouvées pour réduire ces pertes.

La prévision à court terme des débits de crue repose sur des prévisions météorologiques fiables, particulièrement les prévisions des précipitations quantitatives sur un bassin hydrographique. Il est particulièrement difficile d'établir des prévisions pour les bassins hydrographiques d'une chaîne côtière, lesquelles exigent des travaux de recherches considérables. Le point en litige à court terme porte sur les données en temps réel pour la prévision des crues, mais le point en litige à long terme concerne la réduction des dommages des inondations à l'aide de mesures non structurales.

1.6 Foresterie

Les vastes forêts qui couvrent les pentes inférieures de la région de la Cordillère représentent une ressource économique importante. L'exploitation de cette ressource peut, toutefois, avoir de graves conséquences sur la gestion des ressources en eau. La coupe rase sur des pentes abruptes peut rendre impossible le reboisement pour les générations futures. Dans ce sens, les forêts ne peuvent pas être considérées comme une ressource «renouvelable».

La coupe rase de vastes régions d'un bassin hydrographique peut produire des changements importants dans les relations entre les précipitations et le ruissellement et accroître les débits de crue. Des recherches sont nécessaires pour permettre de prévoir ces effets de manière à concilier les relevés des débits des cours d'eau avant et après la coupe en vue de l'analyse hydrologique des séries chronologiques.

La pulvérisation de produits chimiques sur les forêts pour la lutte contre les insectes peut avoir de graves impacts sur le biotope aquatique. La qualité de l'eau est également perturbée par les charges accrues de sédiments résultant des activités de l'exploitation forestière, spécialement la coupe rase sur les pentes abruptes. Le problème concerne la gestion intégrée des ressources renouvelables.

1.7 Irrigation

L'agriculture intensive dans certaines vallées intérieures a de plus en plus recours à l'irrigation en raison de l'effet «d'ombre pluviométrique» de la chaîne côtière. Cette activité est importante pour les gestionnaires des ressources en eau tant sur le plan de l'approvisionnement et de la consommation d'eau, que sur celui de la dégradation de la qualité de l'eau des écoulements restitués. Une grande partie de cette agriculture a une grande valeur, comme la culture fruitière dans la vallée de l'Okanagan, de sorte que des travaux importants de recherche seront économiquement justifiés. Le point en litige porte sur les demandes concurrentielles des ressources en eau et le rendement accru de l'irrigation.

1.8 Eaux souterraines

Les aquifères sousjacents aux terres de la vallée constituent une importante source d'approvisionnement en eau pour une multitude d'utilisations. Le rapport étroit entre l'aquifère et le réseau fluvial nécessite de nouvelles méthodes de gestion pour régler des conflits concernant les droits d'utilisation. Ces conflits s'intensifieront à l'avenir à mesure de l'augmentation des

prélèvements principaux pour l'irrigation et des autres utilisations. Le point en litige est la gestion des utilisations conflictuelles des eaux souterraines.

2 Plaines intérieures

Les ressources en eau dans les plaines présentent certaines caractéristiques importantes dont il faut tenir compte dans la discussion des points en litige, à savoir que :

(1) L'eau coule en provenance des montagnes vers l'est et vers le nord.

(2) Les écoulements de l'est traversent trois juridictions politiques dont chacune contrôle les ressources en eau situées dans sa zone respective. Le gouvernement fédéral partage également certaines responsabilités, particulièrement lorsque les rivières coulant du nord au sud franchissent la frontière entre le Canada et les Etats-Unis. Il s'agit alors d'eaux limitrophes, conformément à la définition du Traité sur les eaux limitrophes de 1909.

(3) Les bassins hydrographiques du sud sont généralement habités (contrairement à ceux du nord) et offrent des perspectives intéressantes de développement économique.

(4) Les bassins hydrographiques du sud sont soumis à des étapes de sécheresse périodique et parfois prolongée.

(5) Les pénuries d'eau et les possibilités de dérivation des eaux existent réellement. La plupart de ces projets de dérivation peuvent se réaliser dans la province de l'Alberta.

En général, on s'attend à ce qu'il y ait une augmentation de la population avec un afflux de main-d'oeuvre, particulièrement dans les secteurs de l'énergie et des ressources et une tendance vers l'urbanisation. Economiquement, les principaux créateurs d'emploi seront les industries secondaires, de transformation des aliments, minières et des ressources renouvelables. Toutes ces industries auront des impacts sur l'environnement et en particulier sur l'eau.

2.1 Rareté de l'eau

L'utilisation intensive des sols fertiles dans le sud pour l'agriculture a transformé la surface des terres par l'aménagement de barrages de rivières et la création de nombreux petits lacs et réservoirs locaux pour la retenue de l'eau, l'irrigation et les loisirs. Les points en litige concernant ces préoccupations sont importants dans cette région. En particulier, la salinité du sol et son impact sur la production agricole et l'utilisation de l'eau ont

été établis comme un point en litige. Les Plaines intérieures sont demeurées un défi constant. Les années de sécheresse dans la décennie 1930 ont été désastreuses pour les agriculteurs et des modifications technologiques et institutionnelles ont dû être apportées. La principale intervention du gouvernement fédéral face à cette crise a été la création de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies pour contrôler et coordonner les travaux du gouvernement fédéral de manière à répondre aux besoins de la collectivité agricole des Prairies du Canada. La création de la Commission des eaux des Prairies qui supervise le partage des eaux entre les trois provinces des Prairies, a été une autre étape importante.

Bien que de nombreux progrès aient été réalisés depuis les années 1930 sur les moyens de réduire l'impact de la sécheresse par la planification et la gestion des bassins fluviaux et par de meilleures méthodes agricoles et des procédés de reconditionnement, la menace de la sécheresse reste constante. La capacité à prévoir les périodes de sécheresse, en particulier, et les pénuries d'eau en général, sont des sujets qui nécessitent une étude attentive dans cette région. Des options devront être étudiées pour la gestion des régions sujettes à la sécheresse. Il faudra également songer à établir à long terme des réserves d'eau qui ne soient pas soumises à des variations périodiques par la sécheresse.

2.2 Demandes conflictuelles en eau de l'énergie et de l'agriculture

En ce qui concerne la consommation de l'eau, les deux secteurs concurrentiels sont l'énergie et l'agriculture. Il n'est donc pas surprenant que ces deux secteurs économiques exercent le plus fort impact sur la qualité de l'eau.

Les sables bitumineux et les ressources en pétrole lourd nécessiteront d'immenses quantités d'eau pour produire du pétrole brut utilisable. Malheureusement, ces demandes se produisent dans des régions atteintes de pénuries d'eau. L'eau utilisée à ces fins réduira la quantité et la qualité de l'eau disponible pour l'agriculture. Les points en litige sont la conservation des ressources et le partage équitable des ressources disponibles.

2.3 L'eau dans l'agriculture

Les demandes concurrentielles pour les approvisionnements d'eau disponibles nécessiteront une efficacité accrue dans l'utilisation de l'eau par l'agriculture. Cela s'applique à la fois aux précipitations et à l'irrigation.

L'eau qui tombe au sol sous forme de pluie ou de neige est une précieuse ressource qui doit être utilisée efficacement. Les méthodes actuelles, comme la gestion des congères et le défrichage

l'été, doivent être révisées et de nouvelles méthodes doivent être élaborées pour optimiser l'utilisation de cette ressource.

L'irrigation est une activité essentielle dans certains secteurs agricoles de cette région. L'efficacité de l'alimentation de ces systèmes doit être accrue pour fournir la quantité maximale d'eau utilisable pour les cultures dans les champs. Le contrôle des phréatophytes et du suintement sera nécessaire. Une quantité considérable d'eau d'irrigation suintant des canaux entraine l'accumulation de l'eau et la salination du sol.

Une troisième préoccupation primordiale est le contrôle de la salinité du sol. A certains endroits, une quantité importante d'eau d'irrigation est utilisée pour laver les sels de la couche arable. Dans d'autres cas, des espèces qui tolèrent le sel ont été mises au point. La qualité initiale des eaux d'irrigation est un facteur important dans l'accumulation des sels dans le sol. Il faut étudier les bassins hydrographiques et mettre l'accent sur la gestion des eaux souterraines afin de maintenir les concentrations de sel à de faibles valeurs dans le sous-sol et de contrôler et récupérer les suintements salins. Le point en litige porte sur l'amélioration de l'approvisionnement alimentaire grâce à une efficacité accrue de l'utilisation des eaux.

2.4 Dérivations

Le déséquilibre géographique des zones de réserves en eau et des zones de demande en eau indique qu'il faut procéder à diverses dérivations entre les bassins hydrographiques. De tels projets étant envisagés sur une petite ou grande échelle, il faudra évaluer leurs impacts à long terme. L'introduction d'espèces biologiques et de leurs parasites ou maladies dans un bassin hydrographique voisin est un problème particulièrement important. La question porte sur la mise au point d'analyses socio-économiques sur les coûts-avantages qui comprennent les dommages dans le bassin récepteur et les pertes en amont dans le bassin donneur.

2.5 Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent une source principale d'approvisionnement dans la majeure partie des Plaines intérieures. Les préoccupations primordiales concernant cette ressource portent sur l'élimination des déchets en puits profonds, la réalimentation artificielle des nappes aquifères peu profondes, les modèles d'écoulement des eaux souterraines peu profondes et la gestion des eaux souterraines pour l'irrigation. La question porte sur la gestion des ressources en eaux souterraines pour les utilisations concurrentielles.

3 Bouclier canadien

Le bouclier canadien constitue la plus vaste région physiographique du Canada. Il occupe presque la moitié de la superficie totale des terres et comprend la majeure partie de l'Ontario et du Québec ainsi que les principales parties du Manitoba, de la Saskatchewan et des Territoires du Nord-Ouest. Cette région aux dénivellations très marquées et couverte d'un léger sol est parsemée de lacs de toutes tailles qui représentent une immense ressource en eau de surface. La géologie et la topographie de la région ont favorisé l'extraction de minerais et l'aménagement hydro-électrique. La foresterie est également une industrie importante. Le Bouclier ne présente pas d'attrait pour les agriculteurs, bien que des districts relativement petits dans la région argileuse aient été établis. L'absence de terre arable, un climat rude et l'inaccessibilité aux régions nordiques sont des facteurs qui réduisent l'établissement dans cette région.

3.1 Exploitation minière

L'âge géologique très ancien du Bouclier fournit une excellente source d'une grande variété de minerais pour l'extraction commerciale. Ces opérations minières ainsi que le broyage et le traitement des minerais produisent de nombreux sous-produits polluants. Des amas de scories et les répercussions des années de pollution atmosphérique sont responsables du dépôt des déchets sur des milliers d'acres de la région.

Les infiltrations provenant des dépôts de scories ont un impact sur la qualité de l'eau. Les polluants de l'air sont lavés ou déposés à l'état de poussière. Les eaux usées provenant de diverses opérations de traitement de minerai contaminent les eaux de surface et souterraines. La question en litige porte sur la gestion des déchets d'exploitation minière.

3.2 Pluies acides

La géologie superficielle granitique de la région n'assure qu'une très faible capacité tampon pour les eaux de surface. C'est ainsi que les lacs sont très vulnérables à l'impact des pluies acides. Des milliers de lacs du Bouclier ont été tués, d'un point de vue biologique, par l'acidification. L'impact socio-économique est énorme parce que ces lacs ont contribué à l'essor d'une industrie récréative considérable basée en grande partie sur la pêche. Les Grands lacs ne sont pas encore menacés en raison de leur immense capacité d'absorption, mais il se produit une acidification localisée pendant le ruissellement printanier des neiges acidifiées et certains jeunes poissons de l'année sont contaminés. Le point en litige porte sur la lutte contre la pollution atmosphérique à l'échelle continentale.

3.3 Foresterie

L'exploitation forestière et l'industrie des pâtes et papiers sont d'importantes sources de pollution des eaux. Les effluents des usines constituent d'importantes sources ponctuelles de polluants. Les opérations de la coupe du bois peuvent augmenter l'érosion et le rejet de sédiments dans les rivières et les lacs. La lutte contre les insectes à l'aide de pesticides chimiques contribue à polluer les eaux de surface et peut contaminer gravement les poissons et la faune. Les points en litige sont les mêmes que ceux de la région de la Cordillère.

3.4 Energie hydro-électrique

Les ressources en eaux de surface du Bouclier fournissent un potentiel énorme pour la production d'hydro-électricité. Le gigantesque aménagement de la Baie James au Québec est un exemple de l'importance des projets en cours de réalisation. De nombreux autres sites sont envisagés comme les rivières qui se jettent dans la Baie d'Ungava et les bassins hydrographiques du versant nord dans le nord de l'Ontario et du Manitoba.

Les données hydrologiques sont éparses et les conséquences environnementales possibles presque totalement inconnues. Le transport de l'énergie, sur des distances aussi grandes jusqu'à des centres de transfert, constitue un défi technologique d'envergure.

L'expérience du projet gigantesque de la Baie James au Québec devrait être appliquée à d'autres projets d'aménagement, spécialement dans le domaine des risques d'impact environnemental. Il faudra donc surveiller de façon permanente les écosystèmes du bassin versant de La Grande et de la Baie James pour étalonner les modèles qui ont été mis au point pour prévoir les impacts.

3.5 Elimination des déchets radioactifs

La masse géologique très stable et très profonde du Bouclier en fait une région qui convient parfaitement à l'élimination à long terme des déchets extrêmement radioactifs provenant de la production d'énergie nucléaire. Il faut encore répondre à de nombreuses questions embarrassantes avant qu'une telle utilisation puisse être approuvée. La faible densité démographique dans la partie nord du Bouclier est un attrait supplémentaire. Le point en litige porte sur la contamination des eaux souterraines.

4 Grands lacs - Les basses terres du Saint-Laurent

Cette région relativement petite est extrêmement importante parce qu'elle abrite la majeure partie des industries et plus de la moitié de la population du Canada. Elle comprend l'étalement de la

mégalopole qui va de Windsor (Ontario) à la ville de Québec et qui abrite la majeure partie de la population des provinces de l'Ontario et du Québec. C'est le coeur industriel du Canada et il est doté de la plus vaste étendue d'eau douce au monde - le bassin hydrographique des Grands lacs laurentiens.

La partie ontarienne de cette région est dominée par les Grands lacs et leurs canaux de liaison. La majeure partie des questions sur la gestion des ressources en eau ont ici une portée internationale. La partie québécoise de la région est dominée par le fleuve Saint-Laurent qui est une voie d'eau internationale mais, au Québec, elle est entièrement canadienne.

Les Grands lacs sont une importante ressource naturelle, fournissant des avantages vitaux à l'économie du Canada et à celle des Etats-Unis sous forme d'approvisionnement en eau pour les municipalités et les industries, de production d'énergie, de navigation, d'irrigation de pêche, etc. L'exploitation de certaines de ces utilisations ne s'est pas faite, toutefois, sans exercer d'impacts sur d'autres utilisations et ce sont ces conflits qui ont donné lieu aux points en litige sur la gestion des ressources en eau.

4.1 Substances toxiques

Le point en litige le plus urgent dans les Grands lacs porte probablement sur les contaminants toxiques en raison de leur persistance, de leur tandance à la bioaccumulation et de leur impact potentiel sur la santé humaine. Un grand nombre de ces substances ont déjà été décelées dans les sédiments des lacs et le biotope (y compris l'homme) à des concentrations suffisamment élevées pour justifier la mise en application de programmes de contrôle et pour nécessiter la surveillance rigoureuse des lacs, des poissons et des aliments.

En ce qui concerne les substances toxiques persistantes, la seule option acceptable de gestion est le contrôle à la source (c'est-à-dire l'absence de déversements). Actuellement, pour un grand nombre de ces substances, cette option est à la fois technologiquement et économiquement irréalisable. Il est urgent de procéder à de meilleures évaluations des technologies, d'établir de meilleurs inventaires de ces substances et de meilleurs moyens de les déceler dans l'environnement dès le début, avant que leurs impacts atteignent des proportions de crise comme cela s'est produit dans le passé, par exemple, avec le DDT, le mercure et les BPC. Plusieurs restrictions ont été appliquées dans le domaine des pêches en raison de la présence de ces substances.

Cette pollution qui s'est accumulée pendant des années a laissé de graves problèmes dans plusieurs régions et demandera une attention permanente, même après que les principales sources de

contamination auront été éliminées. Des programmes énergétiques destinés à évaluer les effets des contaminants sur les ressources en eau et la détection initiale de même que le contrôle des «nouveaux» polluants doivent se poursuivre si l'on veut garantir un environnement relativement exempt de contaminants et offrir à la population du bassin le plein potentiel des ressources en eau. Le point en litige porte sur une meilleure gestion des substances toxiques.

4.2 Régularisation du niveau des lacs

La variation des niveaux de l'eau et des débits suscite des préoccupations dans le réseau des Grands lacs. La caractéristique naturelle et autorégulatrice de ce réseau de réservoirs gigantesques donne aux propriétaires riverains une sécurité illusoire. Les variations normales à court terme des débits et des niveaux sont beaucoup moins importantes que pour la plupart des autres réseaux hydrographiques. Des périodes prolongées de précipitations au-dessus ou au-dessous de la normale, peuvent produire, toutefois, des années hydrologiques élevées et faibles qui se produisent à une fréquence mesurée en décennies.

Ces conditions extrêmes, liées au phénomène des orages, ont provoqué des pertes considérables par érosion et par inondation. Les extrêmes des basses eaux ont un impact sur la navigation et la production d'hydro-électricité. En dépit de ces graves répercussions, des études approfondies du réseau ont conclu qu'une régularisation artificielle complémentaire des niveaux et des débits n'est pas économiquement justifiée. Des solutions structurales et non structurales locales doivent être trouvées pour remédier à ces pertes.

En outre, au sujet de l'utilisation des terres, étant donné l'évolution de l'attitude du public et des politiques, on accorde une plus grande valeur à la préservation des terres côtières et des derniers marécages de l'Ontario, tandis que, parallèlement, des pressions plus fortes sont exercées pour les détruire. La région de l'Ontario se préoccupe de la réduction physique et de la détérioration des frayères, des zones d'élevage côtières et des habitats de la sauvagine par suite du drainage des marécages, de la sédimentation excessive et de la pollution. La majeure partie des marécages adjacents aux lacs inférieurs ont été détruits; ceux qui ne sont pas du domaine public comme les parcs et les aires fauniques auront bientôt disparu. La question porte sur les méthodes de gestion des terres et des régions vulnérables du point de vue écologique.

4.3 Gestion des eaux internationales

La gestion des ressources en eau dans la région relève du domaine international puisque les Grands lacs sont une ressource

vitale pour deux pays qui en assument chacun la responsabilité. La nature internationale des Grands lacs exige que chaque juridiction soit libre de mettre au point son propre programme pour atteindre les objectifs communs formulés dans l'Accord Canada-Etats-Unis sur la qualité de l'eau des Grands lacs de 1978. Les programmes de contrôle du phosphore au Canada et aux Etats-Unis reflètent différentes approches visant le même but. Les deux gouvernements ont également utilisé des approches quelque peu différentes pour contrôler et limiter l'introduction de substances toxiques. La question porte sur la mise au point d'une coordination et de mesures concertées entre les deux pays en vue de rétablir et maintenir l'intégrité des eaux de l'écosystème du bassin des Grands lacs sans que les deux parties ne sacrifient leur autonomie respective.

4.4 Eutrophisation

Les principaux programmes de contrôle des éléments nutritifs, à savoir la limitation du phosphore dans le bassin des Grands lacs, ont été mis en application par les deux pays pour les déversements ponctuels et de nouvelles concentrations maximales ont été établies pour le phosphore dans chacun des Grands lacs (Accord Canada-Etats-Unis de 1978). Des études plus récentes ont indiqué que les sources non ponctuelles, comprenant l'atmosphère et le drainage des terres, sont des sources importantes de charges de phosphore dans les lacs. Les futures stratégies de gestion doivent prendre ces aspects en considération. En outre, bien que la question du phosphore et de l'eutrophisation ait été traitée à l'échelle d'un bassin, les futures options devront être axées sur la gestion, probablement une combinaison de stratégies, applicable à une échelle locale plus petite.

4.5 Navigation sur le fleuve Saint-Laurent

Le fleuve Saint-Laurent demeure le corridor de transport le plus important de la région. L'établissement, le long de ses rives, de grands complexes industriels, desservis par le transport océanique, et facilement accessibles pour les marchés nord-américains et européens doit augmenter, selon les prévisions. La navigation à longueur d'année s'étend actuellement en amont, jusqu'à Montréal. Des pressions considérables sont exercées, particulièrement par des intérêts américains, pour assurer la navigation à longueur d'année ou tout au moins prolonger la saison pour tout le réseau. Ces perspectives soulèvent de nombreuses questions environnementales et de contrôle de débit.

La navigation d'hiver dans le fleuve en amont de Montréal assurerait des avantages économiques importants aux ports des Grands lacs, surtout ceux des Etats-Unis. Un tel projet, toutefois pourrait avoir des conséquences graves sur les installations hydro-électriques et également sur la capacité de gérer les

écoulements et les niveaux des eaux. Le Canada doit être techniquement prêt à analyser sérieusement les propositions des Etats-Unis.

4.6 Inondation

Bien que les rivières tributaires aient joué un grand rôle dans le développement de la région, elles ont également créé des problèmes d'inondation, particulièrement au printemps. Les rivières de la Rive sud coulant vers le nord, de même que le réseau de la rivière des Outaouais dans la région de Montréal, provoquent chaque année plusieurs millions de dollars de dommages. Les affluents des Grands lacs dans le sud de l'Ontario présentent les mêmes problèmes d'inondation.

Des programmes accélérés de drainage des terres agricoles ont soulevé des questions concernant les impacts de cette pratique, notamment les risques accrus d'inondations et des problèmes de qualité des eaux. A ces difficultés vient se greffer le problème aigu de l'élimination du fumier de porc dans les cours d'eau. Comme mesure de contrôle préliminaire, le gouvernement du Québec a décrété un moratoire sur l'établissement de nouvelles installations d'élevage de porcs au Québec.

Les problèmes d'inondation ont été traités par des programmes de type structural et non structural. Les autorités en matière de conservation des bassins fluviaux en Ontario ont amorcé un programme majeur de défense contre les crues et de désignation des terres vulnérables. Ces travaux sont réalisés grâce au Programme fédéral de réduction des dommages dus aux inondations. Le Québec a apporté son concours au gouvernement fédéral et à l'Ontario en vue de réduire les inondations provoquées par la rivière des Outaouais grâce à un contrôle coordonné de la capacité de stockage de la série de réservoirs hydro-électriques du bassin hydrographique.

4.7 Dérivations

La dérivation des eaux à l'extérieur du bassin hydrographique des Grands lacs et du Saint-Laurent a été proposée à plusieurs reprises. Les régions avoisinantes ont convoité cette ressource massive en eau douce pendant les périodes de pénurie locale en eau.

Trois dérivations entre bassins ont été effectuées pendant de nombreuses années. Le débit de l'eau à Chicago est de 91 m^3/seconde, à Ogoki, de 127 m^3/seconde et au Lac Long de 40 m^3/seconde. La consommation riveraine actuelle de l'eau provenant du réseau présente le même ordre de grandeur.

De futures dérivations réalisées sur une grande échelle peuvent être proposées et le Canada doit être prêt techniquement à

les réviser en permanence et, au besoin, à rejeter ces propositions. Actuellement, le gouvernement a pour politique «de ne pas exporter d'eau». A l'avenir, il se révélera peut-être nécessaire de réévaluer cette politique en échange d'autres avantages économiques. Il est nécessaire d'effectuer une évaluation approfondie des pertes et des gains potentiels.

Quoi qu'il en soit, la consommation d'eau provenant du bassin continuera d'augmenter et les groupes d'intérêts dans les secteurs de l'hydro-électricité et de la navigation doivent être prêts à faire face aux changements des débits et des niveaux.

4.8 Pollution du fleuve Saint-Laurent

Le gros débit constant du Saint-Laurent a incité les municipalités et les industries riveraines à utiliser ce cours d'eau comme récepteur des déchets liquides, ce qui a provoqué, en aval, de graves problèmes de pollution. Le problème de pollution provoqué par les activités municipales et industrielles au Québec a donné lieu à une intervention du gouvernement provincial qui s'est concrétisée par la mise en oeuvre récente d'un programme coordonné permettant de régler les problèmes de pollution industrielle et municipale à l'échelle d'un bassin hydrographique. Ce programme échelonné sur les 10 prochaines années coûtera 6 milliards de dollars, selon les prévisions. Les répercussions seront considérables sur les questions relatives aux eaux du Québec et des efforts devront être consentis dans les domaines de la technologie de traitement des eaux usées et des programmes de formation des opérateurs afin de garantir l'efficacité future des traitements.

4.9 Drainage agricole

Cette région contient certaines des terres agricoles les plus riches du Canada. Il est possible que la production agricole connaisse de fortes augmentations grâce au drainage des terres. Il s'agit d'un processus coûteux qui peut avoir de graves impacts environnementaux. Des études récentes du bassin hydrographique South Nation dans le sud-est de l'Ontario mettent en évidence ce genre de problème.

5 Région des Appalaches

La région physiographique des Appalaches comprend toutes les provinces de l'Atlantique (Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Ecosse, Ile-du-Prince-Edouard et Terre-Neuve) de même que la rive sud du Québec, à l'est de la ville de Québec. La topographie va des basses montagnes aux plaines des basses terres.

L'île de Terre-Neuve est le prolongement des hautes terres des Appalaches. Elle présente un grand nombre de péninsules, de baies, de lacs et de bassins fluviaux. Environ 8 % de la superficie sont

constitués d'eau douce. Au total, les terres agricoles n'occupent qu'environ 0.05 % de la superficie totale de l'île.

La côte de la Nouvelle-Ecosse est accidentée et escarpée et présente d'excellents ports. Le bas plateau Atlantique est une caractéristique distinctive de la province, comprenant cinq fragments distincts de surface uniforme du bas plateau séparés par des basses terres et des vallées fertiles. Il y existe un grand nombre de rivières et de lacs.

Environ 14 % de la superficie totale de la Nouvelle-Ecosse sont occupés par des terres agricoles, la région agricole la plus remarquable étant la vallée d'Annapolis.

Le Nouveau-Brunswick comprend des collines basses et arrondies et des bas plateaux onduleux d'altitude moyenne. Une grande partie du sol est rocheuse et les terres arables sont rares. Il existe de nombreuses rivières.

Le littoral irrégulier de l'île-du-Prince-Edouard comporte de larges baies, de longues criques, de hautes falaises et des plages sablonneuses. Le climat de même que le sol conviennent parfaitement à la polyculture et environ 66 % de la province sont occupés par des terres agricoles.

En règle générale, la région est surtout caractérisée par ses rapports avec l'océan. Les quatre provinces ont des liens étroits avec l'océan et l'impact du climat maritime touche d'une manière ou d'une autre la majeure partie des ressources en eau.

Les eaux intérieures constituent une importante ressource, mais elles sont éclipsées par les intérêts relatifs à l'eau salée ou à l'océan. Dans de nombreux cas, les estuaires ont une importance vitale et l'impact des changements de la quantité ou de la qualité de l'afflux d'eau douce est crucial. Les bassins hydrographiques relativement petits assurent des réserves restreintes en eau de surface de sorte qu'une importante partie de l'eau potable est prélevée dans des sources d'eau souterraine.

5.1 Gestion des estuaires

Les estuaires constituent un intérêt particulier pour la région. La majeure partie de la population vit près de la côte et, généralement, sur un estuaire. Les eaux intérieures contaminent gravement les estuaires dans lesquels elles s'écoulent. La qualité dégradée de ces eaux intérieures met en péril l'importante industrie des crustacés et les sédiments arrachés aux terres causent des problèmes de navigation et d'inondation. Les marées océaniques exercent, à leur tour, un impact considérable sur le niveau des

crues des tronçons inférieurs des rivières. Donc, il faut tenir compte des grandes marées de tempêtes dans le cadre du Programme de réduction des dommages dus aux inondations.

Chacun des nombreux estuaires de la région présente un problème unique de gestion. Dans la plupart des cas, plusieurs utilisations entrent en concurrence avec la ressource en eau et ont des demandes conflictuelles. Le rôle de l'afflux des eaux douces varie d'un endroit à l'autre, mais il est habituellement important dans le maintien de l'équilibre entre l'eau salée et l'eau douce nécessaire pour soutenir la population biologique. La contamination de l'approvisionnement d'eau douce revêt une importance capitale pour de nombreuses utilisations. Le contrôle des charges de polluants doit être effectué à l'intérieur des terres, au point de déversement. Les pressions exercées par la population exigeront la protection des marais côtiers contre le dragage et le comblement des terres. Les ressources halieutiques sont tellement importantes pour la région des Appalaches que tout plan de gestion doit leur accorder une grande priorité.

L'une des principales difficultés de la gestion des estuaires concerne le domaine de juridiction. Ne possédant strictement ni eau douce ni eau salée, cette région ne relève ni de la Direction générale des eaux intérieures d'Environnement Canada ni du ministère des Pêches et des Océans. Un problème semblable de juridiction se pose au niveau provincial et entre les gouvernements fédéral et provincial. On a remarqué que dans certains cas, un ministère avait la responsabilité de la gestion tandis que l'autre disposait des outils nécessaires.

L'énergie marémotrice est une source d'énergie de substitution utilisable en certains endroits. L'infrastructure massive de ce genre de projet peut compromettre gravement d'autres utilisations des ressources en eau, comme les habitats des poissons et les loisirs.

5.2 Foresterie

La foresterie est une industrie très importante dans cette région. Selon les estimations, Terre-Neuve comprend presque 88 000 km^2 de terres forestières productives qui supportent une industrie florissante de pâtes et papiers. Les forêts couvrent presque 80 % de la Nouvelle-Ecosse et 86 % du Nouveau-Brunswick.

Comme dans d'autres régions, l'industrie forestière exige une lutte contre les insectes, qui entraîne la pollution des eaux de surface, tandis que les usines de pâtes et papiers déversent des effluents. Les solutions à ces problèmes auront des applications dans la plupart des régions du pays.

Le problème des pesticides ne pourra être réglé que par la mise au point de nouvelles méthodes de lutte contre les insectes qui soient moins dangereuses pour les écosystèmes aquatiques. Une estimation précise du coût en dollars de la pollution causée par les pesticides aiderait les décideurs politiques à mieux situer les pertes éventuelles.

5.3 Exploitation minière

Le charbon est la ressource minière la plus importante de la région. Les autres dépôts de minerais comprennent le gypse, la baryte et le sel. Le drainage des déchets acides des mines et le suintement provenant des scories et des résidus entraîne la dégradation de la qualité de l'eau.

La tourbe est une importante ressource quasi-minérale qui est actuellement exploitée. L'hydrologie des tourbières est mal comprise et leurs «eaux brunes» créent des problèmes pour les processus de traitement des eaux.

5.4 Collecte des données sur les ressources

A cause de l'éloignement et de l'inaccessibilité de certains endroits de l'arrière-pays, l'inventaire des ressources est difficile et coûteux. Le manque de données sur les ressources en eau (surtout à Terre-Neuve et au Labrador) pose le même problème que dans les parties nord des autres régions. Une différence réside dans la grande diversité de la topographie. Encore une fois, le «besoin de savoir» et une certaine quantification du «coût de l'ignorance» seraient précieux. Ce problème est aggravé dans le cas des données hydrologiques, par la nécessité de disposer d'une longue série chronologique. Les données antérieures ne peuvent être récupérées à n'importe quel prix, mais de nouvelles techniques stochastiques sont utiles à cet égard.

5.5 Gestion des eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent une ressource vitale dans la région des Appalaches. Il est nécessaire de procéder à la gestion de la quantité et de la qualité. Les taux de prélèvement et l'interférence entre les puits peuvent représenter des problèmes nécessitant de nouvelles techniques d'analyses et de modélisations de prévisions. Le mouvement des contaminants dans l'écoulement des eaux souterraines nécessite une étude supplémentaire et la gestion des sites d'élimination des déchets solides et liquides doit être entreprise. La nature des roches fracturées des nappes aquifères de la région pose des problèmes particuliers de gestion. Comme la plupart des zones urbaines sont à proximité de l'océan, il est possible que l'eau salée fasse intrusion dans les nappes aquifères d'eau douce.

Les eaux souterraines peuvent être une source énergétique utilisable. Cette eau chaude souterraine (énergie géothermique) pourrait être utilisée pour le chauffage par convection ou pour l'agriculture. L'impact potentiel sur d'autres couches d'eau souterraines et l'élimination des eaux usées doivent être évalués.

5.6 Institutions pour la gestion des eaux

La nature multiprovinciale de la structure politique pose des problèmes particuliers de juridiction. Même dans une province donnée, les responsabilités sont partagées entre plusieurs ministères. Une certaine planification conjointe des ressources régionales entre plusieurs juridictions a déjà été amorcée. Il est important que le gouvernement fédéral encourage et facilite ces initiatives régionales.

Une disposition spéciale suggérée à l'atelier consistait à créer des autorités de bassins hydrographiques. Cette méthode a été fructueuse en Grande-Bretagne et également en Ontario. Le bassin hydrographique est un choix très logique comme zone de gestion et de juridiction parce qu'il lie les intérêts en amont et en aval avec toutes les utilisations des terres relatives aux eaux. La principale difficulté réside dans l'impartition de l'autorité et de l'autonomie d'un tel organisme. Comme dans plusieurs autres régions, il est urgent de procéder à des recherches sur les questions de partage des responsabilités.

6 Le Nord

Le Nord et le Grand Nord comprennent diverses formes topographiques, à savoir le Bouclier canadien, les Basses terres de la Baie d'Hudson, les Plaines intérieures, la Cordillère et les Basses terres et Plateaux de l'Arctique. L'immensité, l'éloignement, la rudesse du climat, la faible densité démographique et la richesse des ressources en minerais et en hydrocarbures sont certaines des principales caractéristiques de cette région. Un grand nombre de problèmes fondamentaux concernant la gestion de l'environnement, auxquels le Canada doit faire face aujourd'hui, sont essentiellement liés à la mise en valeur du Nord. Dans cette région, l'antagonisme ou le recoupement des objectifs de l'exploitation des ressources, surtout dans le secteur de l'énergie, du progrès social, de la rentabilité à court terme, et de la viabilité à long terme est particulièrement évident.

D'importants travaux de forage des hydrocarbures ont déjà été entrepris à partir de plates-formes de glace dans l'archipel Arctique, d'îles artificielles installées dans la mer de Beaufort et de plates-formes classiques dans la Baie d'Hudson. Divers tracés de pipelines ont été proposés pour acheminer le gaz vers divers centres, dans le sud du pays.

Une quantité énorme de nouvelles connaissances, incluant les données de base, sera nécessaire pour bien gérer les ressources en eau de cette région, mais son éloignement même rend l'acquisition de ces connaissances extrêmement difficile en raison des problèmes d'accessibilité et de logistique. De plus, des relations fonctionnelles des systèmes nordiques ne sont guère comprises.

6.1 Transferts inter-bassins

Les projets de transferts entre les bassins de cette région vers le sud sont une question capitale. Les rivières étant orientées nord-sud, il sera possible de réaliser des projets de dérivation des eaux des régions du nord vers les régions plus peuplées et plus développées du sud et des pressions seront exercées dans ce sens. Avant d'en arriver là, les utilisations futures de l'eau dans le nord doivent être bien comprises. La dérivation des eaux vers le sud contribuera à alléger certaines contraintes dans le sud où pourront être implantées des activités qui, autrement, seraient inexistantes, ou pourraient éventuellement être établies dans le Nord. Les décisions en matière de gestion doivent être fondées sur une bonne compréhension du fonctionnement des systèmes du Nord.

D'autre part, la gestion des cours d'eau inférieurs relevant de la compétence des Territoires du Nord-Ouest, ces derniers sont préoccupés par le fait que tout aménagement effectué dans les cours d'eau supérieurs situés en Colombie-Britannique, Alberta et Saskatchewan, pourrait avoir des effets préjudiciables sur la qualité et la quantité des eaux dans les Territoires.

6.2 Accroissement de la population

La mise en valeur future de cette région entraînera un accroissement important de la population et des problèmes associés aux activités humaines. L'approvisionnement annuel en eau potable et pour d'autres utilisations urbaines est très limité dans certaines parties de la région. De même, le climat exige des méthodes nouvelles de traitement et d'élimination des eaux usées.

6.3 Energie hydro-électrique

L'aménagement d'installations hydro-électriques dans le bassin versant Mackenzie-Liard pose des problèmes particuliers à cause du climat du Grand Nord. Les répercussions possibles d'importantes modifications du régime d'écoulement en aval sur des écosystèmes arctiques très vulnérables et fragiles sont mal comprises.

7 Problèmes multi-régionaux

L'analyse ci-dessus porte plus particulièrement sur des régions distinctes du Canada et sur les questions de la gestion des

ressources en eau liées à ces régions. Cependant, il est évident qu'un certain nombre de problèmes importants sont communs à plusieurs, sinon à toutes les régions. Ce domaine plus vaste de préoccupations peut soulever l'urgence d'une telle question et surtout, il laisse entendre une réaction nationale plutôt que simplement régionale.

7.1 Substances toxiques

La question des substances toxiques a été étudiée particulièrement dans la région des Grands lacs - Basses terres du Saint-Laurent, mais il est évident que le problème existe dans toutes les régions. Il n'est pas surprenant que cette question se manifeste en premier et de façon plus aiguë dans cette région à cause de sa forte densité démographique et de son industrialisation. Ce problème étant posé à l'échelle du Canada, une solution devrait être proposée au niveau national. En effet, le gouvernement fédéral a établi un programme d'envergure pour traiter de la question, de concert avec les provinces. D'importants programmes de recherche sont en cours dans plusieurs ministères du gouvernement fédéral afin de compléter les programmes similaires des provinces et autres secteurs économiques. Les résultats des recherches seront généralement applicables à toutes les régions. Espérons que les régions moins développées du Canada tireront profit des erreurs passées commises dans la région des Grands lacs - Basses terres du Saint-Laurent.

7.2 Polluants atmosphériques

Le transport à grande distance des polluants atmosphériques est, de par sa nature même, un problème multi-régional. L'air pollué parcourt de vastes distances entre sa source et la zone d'impact. Ce déplacement ignore les frontières géographiques ou politiques.

Le gouvernement fédéral a pris les devants en mettant au point un programme coordonné à l'échelle du Canada. Le caractère international de ce problème a rendu particulièrement nécessaire la participation du gouvernement fédéral. Il est surtout grave dans les régions du Bouclier canadien et des Appalaches étant donné que les formations superficielles n'offrent pas une capacité tampon suffisante au ruissellement de surface pour neutraliser la charge acide.

L'utilisation accrue de charbon à forte teneur en soufre pour la production d'électricité ne peut qu'intensifier le problème. La politique américaine de la conversion du pétrole au charbon augmentera de façon importante le problème des pluies acides dans le centre et l'est du Canada. Un grand nombre de questions scientifiques concernant les répercussions et la technologie de contrôle restent sans réponse.

7.3 Foresterie

Le Canada jouit de ressources forestières immenses, réparties sur la plupart des régions. Les questions de gestion des ressources en eau liées aux industries forestières sont omniprésentes et l'applicabilité des recherches dans ce domaine est donc très vaste. Le Service des forêts d'Environnement Canada est responsable d'un programme considérable de recherches menées dans des organismes répartis dans tout le pays. Ce programme apporte son soutien aux gestionnaires de ressources dans les diverses provinces. Les recherches dans le domaine de la foresterie portent sur les moyens de réduire les répercussions de pratiques comme la lutte contre les insectes et l'exploitation forestière sur les ressources en eau.

7.4 Agriculture

Presque toutes les régions du Canada pratiquent l'agriculture. Le type d'agriculture varie considérablement depuis le champs de céréales des Plaines intérieures aux cultures de fruits de la vallée d'Annapolis dans la région des Appalaches, mais un facteur commun est le besoin en eau. En effet, l'agriculture est un des principaux utilisateurs d'eau, mais la plus grande partie est fournie directement sous forme de pluie ou de neige. Les eaux de surface ou souterraines servent de plus en plus à irriguer et plusieurs régions considèrent que cela pose un problème. Dans certains endroits, la culture dépend presque totalement de cette source. Ainsi, l'agriculture représente une demande croissante pour les ressources en eau, souvent dans des endroits où l'approvisionnement est limité.

Comme pour la plupart de toutes les autres utilisations de l'eau, la portion qui retourne dans le bassin versant est de moins bonne qualité et sa quantité considérablement réduite. L'inféro-flux provenant de l'irrigation contient des concentrations accrues de matières dissoutes ainsi que des produits chimiques provenant de l'agriculture. Le ruissellement de surface des champs irrigués et non irrigués transporte des particules provenant de l'érosion du sol en même temps que des substances chimiques qui ont été utilisées comme engrais et pesticides. La contamination bactériologique due aux déchets d'animaux pose un autre problème. Ce type de pollution non ponctuelle a été étudié par la Commission mixte internationale, dans le cadre de l'étude de la pollution des Grands lacs causée par les diverses utilisations des terres.

La plupart de l'eau fournie à l'agriculture pour l'irrigation est rejetée par les plantes par évapotranspiration ou incorporée à celles-ci. Ainsi, l'eau d'irrigation est en grande partie «consommée» dans le processus, ce qui est très différent, par exemple, de l'eau de refroidissement qui est presque entièrement retournée à la source. Ainsi, l'eau consommée n'est pas disponible

pour être réutilisée en aval. La nature et la quantité de ce type de demande doivent être considérées dans la planification de projets d'utilisation de l'eau en aval. Les installations hydro-électriques subiront d'importantes pertes économiques qui doivent être évaluées par rapport aux avantages de l'irrigation.

Une grande partie des travaux de recherche sur l'humidité et l'infiltration du sol intéresse à la fois des spécialistes en agriculture et en hydrologie. Les gestionnaires des ressources en eau, dans leur ensemble, et les principaux utilisateurs des ressources en eau, comme les agriculteurs, doivent coordonner étroitement leurs activités.

7.5 Gestion des eaux urbaines

La satisfaction des désirs et des besoins des Canadiens est la principale raison d'une utilisation et d'un emploi abusifs des ressources en eau. Cette situation est encore plus nette dans les municipalités dont la seule fonction est d'offrir des services à la population.

L'approvisionnement en eaux urbaines est habituellement prioritaire et les contraintes physiques exercées sur ce service peuvent effectivement entraver la croissance de la municipalité. La grande valeur de l'eau potable a justifié l'installation d'un réseau de transport à grande capacité et à longue distance depuis l'époque des aqueducs romains.

La majeure partie du Canada est bien approvisionnée en eau, mais dans certaines régions, la qualité pose un problème. L'eau de certains puits présente des concentrations indésirables de matières dissoutes ainsi qu'un goût et une odeur désagréables. Certaines eaux de surface sont altérées à cause de leur utilisation antérieure en amont. Certains types de contamination peuvent être éliminés par filtration et chloration, mais d'autres substances toxiques exigeraient un traitement beaucoup plus sophistiqué.

L'autre fonction connexe des municipalités est le traitement et l'élimination des eaux usées. En fait, la majeure partie de l'eau prélevée dans le réseau d'approvisionnement est retournée de la même façon au bassin fluvial. La plupart des villes disposent d'installations de traitement adéquates pour traiter le débit d'étiage afin d'éliminer les contaminants organiques et les matières en suspension. Les effluents de ces usines contiennent encore des nutriments comme le phosphore. Les déversoirs d'orage et les dérivations apportent une importante charge polluante intermittente aux eaux réceptrices.

L'urbanisation augmentera de plus en plus les demandes en approvisionnement d'eau et en élimination des déchets.

Des problèmes semblables se rencontrent dans une moindre proportion chez les populations non urbaines, comme les communautés rurales et les chalets qui ont des effets localisés importants sur la qualité des eaux des lacs et des cours d'eau.

7.6 Loisirs

Les loisirs sont une autre activité qui répond directement aux besoins des Canadiens. Nombreuses sont les formes de loisirs aquatiques comme la pêche, le canotage, la natation ou simplement le plaisir d'admirer les paysages. Dans certains cas, comme les sports aquatiques, la qualité de l'eau est une source de préoccupation directe et mesurable. Dans d'autres cas, la valeur esthétique des «eaux propres» est moins quantifiable et peut même concerner des eaux inaccessibles à la plupart d'entre nous, comme les écosystèmes de l'Arctique.

Dans les régions centrales et côtières du Canada, riches en eaux, il est normal d'utiliser les eaux de bonne qualité pour les loisirs. Dans les provinces des Prairies, même les eaux utilisées pour des loisirs sont d'une grande valeur locale.

7.7 Collecte des données sur les ressources

La principale condition d'une bonne gestion est de connaître l'importance des ressources et les caractéristiques de leur variabilité spatiale et temporelle. La Division des relevés hydrologiques de Canada (RHC) est chargée de fournir ces données essentielles. Les gouvernements provinciaux, de concert avec la Division participent à leur collecte. Au Québec, c'est le gouvernement provincial et non la Division qui réunit les données sur les ressources hydrologiques. Les fonds pour l'utilisation des jauges sont octroyés aux termes d'ententes de partage des coûts. Les utilisateurs de ces données sont les commissions hydro-électriques et les ingénieurs-conseils pour une vaste gamme d'utilisations des eaux.

Etant donné l'immensité du pays et sa population relativement clairsemée, la collecte de la plupart des données est très difficile et onéreuse. Des appareils perfectionnés et automatiques sont nécessaires pour augmenter l'efficacité et permettre la surveillance d'un grand nombre de bassins fluviaux éloignés.

Il sera toujours impossible de mesurer sur le terrain chaque bassin fluvial qui pourrait être d'une importance économique à un moment donné. Il est donc essentiel de mettre au point des techniques qui permettront d'estimer les données hydrologiques dans des bassins versants non jaugés. Ces techniques sont particulièrement importantes, puisque habituellement il faut disposer d'une série chronologique de données. Vu l'impossibilité

d'obtenir ce type de données, l'hydrologie simulée, étalonnée aux conditions actuelles, offre la seule solution possible.

L'écoulement sous une couverture de glace et les inondations dues aux embâcles sont des phénomènes habituels dans les conditions climatiques du Canada. Ces deux phénomènes sont intéressants non seulement pour l'effet direct sur la capacité de transport de la rivière, mais aussi parce que le débit instantané est déduit du niveau mesuré de la rivière ou de la hauteur de la surface de l'eau. La présence d'une couverture de glace ou d'embâcles modifiera ce rapport niveau-débit et rendra nul le calcul de l'écoulement. Les embâcles peuvent causer des inondations désastreuses dans des régions habitées et perturber la production d'énergie hydro-électrique en aval.

Le phénomène de la débâcle de printemps est lié à celui des embâcles et nécessite une étude plus approfondie. La situation est particulièrement grave dans les rivières s'écoulant vers le nord où les sections en amont subissent la débâcle tandis que les sections en aval sont encore très gelées.

7.8 Aspect socio-économique de la gestion des eaux

Chaque option de gestion des ressources hydrologiques entraîne des coûts et se répercute de façon positive et négative sur la population. Les solutions techniques doivent être évaluées dans leur contexte socio-économique.

Dans la plupart des cas, la gestion des ressources en eau relève du domaine public, aussi l'aspect politique ne peut-il être ignoré. En fait, un grand nombre des décisions sont avant tout politiques, mais elles devraient être prises en se fondant sur les meilleures connaissances techniques applicables.

De nouvelles techniques et méthodes sont nécessaires pour améliorer notre capacité à établir un lien entre les données techniques et socio-économiques et pour fournir aux politiciens les meilleurs conseils possibles, sous une forme facilement assimilable.

L'un des meilleurs moyens à cet égard consisterait à quantifier le coût social de la pollution et à le comparer aux coûts primaire et secondaire de la lutte contre la pollution.

8 Programmes fédéral-provinciaux

L'analyse des questions régionales a été catégorisée par une description géographique ou physiographique, mais il faut savoir que cela se traduit politiquement en juridictions provinciales. En effet, selon la Constitution canadienne, les ressources, incluant l'eau, sont la propriété des provinces.

Chaque province consacre des fonds considérables à la gestion de ses ressources en eau. Les gestionnaires doivent traiter des questions soulevées dans les régions physiographiques de la province concernée. Cela nécessite une bonne communication bilatérale entre les gestionnaires et les chercheurs des gouvernements fédéral et provinciaux.

Dans la plupart des cas, le gouvernement fédéral joue un rôle de soutien, assure la recherche et fournit les données sur les ressources. Dans les situations mettant en jeu plusieurs juridictions, le gouvernement fédéral a une responsabilité plus directe. Les eaux limitrophes internationales concernent la responsabilité conjointe des deux paliers supérieurs de gouvernement. Les problèmes survenant dans ce contexte nécessitent une étroite collaboration fédérale-provinciale. Les eaux interprovinciales exigent également la participation du gouvernement fédéral. Le gouvernement fédéral et les provinces ont mis au point des programmes conjoints de gestion des ressources en eau en vertu de la Loi sur les ressources en eau du Canada.

Des études comme celles effectuées pour l'estuaire de l'Okanagan et du Fraser ont été menées dans le cadre de ce type d'ententes. L'Accord Canada-Ontario sur la qualité des eaux dans les Grands lacs est un exemple des activités conjointes permanentes entreprises en vertu de la Loi sur les ressources en eau du Canada.

II. NOUVELLES TENDANCES SELON LES CATEGORIES DE RECHERCHE

Catégorie

Le rapport Bruce-Maasland a catégorisé les activités de recherche qui ont été reprises dans ce rapport. Une liste de ces catégories (et sous-catégories) accompagnée d'une explication se trouve à la fin de cette annexe.

100 Nature de l'eau

Le rapport de 1968 par Bruce & Maasland fait remarquer que la catégorie 100 était la seule qui puisse être appelée recherche «pure». En effet, s'il s'agit d'une application de ces connaissances de base, vous passez immédiatement dans une autre catégorie.

101 Propriétés de l'eau

L'atelier de Regina a fait ressortir la nécessité de mieux comprendre la thermodynamique de la neige et du pergélisol. Cela pourrait être inclus dans la catégorie 203, mais des travaux de recherche fondamentale effectués dans un laboratoire bien contrôlé sont encore nécessaires. L'atelier d'Halifax a reconnu la nécessité d'obtenir plus de données sur les propriétés diélectriques, optiques et mécaniques de la neige et de la glace. Ces connaissances faciliteront l'application des techniques de télédétection.

102 Solutions aqueuses et suspension

Cette sous-catégorie est liée aux problèmes de la contamination des eaux souterraines, comme l'ont mentionné les ateliers de Regina et Halifax. La migration de la potasse et de l'uranium dans les eaux souterraines est un sujet de préoccupation dans les Prairies. La contamination des eaux souterraines par l'arsenic et l'uranium dans la région des Appalaches pose un problème. Une meilleure compréhension des solutions aqueuses et des matières en suspension faciliterait l'étude des eaux souterraines susmentionnée. Ces recherches fondamentales pourraient être appliquées dans la plupart des régions et devraient donner lieu à des travaux de mise au point dans un ou deux centres en vue d'applications à des problèmes locaux.

200 Cycle de l'eau

Cette catégorie traite de la présence et du mouvement des eaux dans toutes les phases du cycle hydrologique. Etant donné qu'il s'agit d'un processus cyclique, l'eau est une ressource renouvelable qui doit être utilisée et réutilisée. Pour assurer une gestion judicieuse de cette

ressource, il faut comprendre chaque phase du cycle. Comme il a été mentionné dans le rapport de 1968, les recherches de ce type ont considérablement progressé grâce à la Décennie hydrologique internationale (DHI). Au cours des années qui ont suivi la DHI, les recherches sur le cycle de l'eau ont eu tendance à ralentir et la priorité a été accordée aux recherches sur la qualité de l'eau.

201 Général

Cette sous-catégorie traite des recherches portant sur deux ou plusieurs phases du cycle hydrologique, ce qui inclut un grand nombre de problèmes d'interface comme les eaux de pluies - eaux de ruissellement ou les eaux de surface - eaux souterraines. Ces recherches mènent à la modélisation hydrologique. L'atelier de Vancouver a vu la nécessité de faire des prévisions du ruissellement à court terme et saisonnier et de trouver des techniques mathématiques pour calculer les inondations maximales probables.

L'atelier de Regina a montré la nécessité de mettre au point des modèles spécialisés pour le Grand Nord. Des modèles destinés à prévoir des paramètres autres que le débit d'un cours d'eau (par exemple l'humidité du sol) sont nécessaires. Les prévisions devraient être établies en fonction d'une utilisation particulière, par exemple l'agriculture, la lutte contre les inondations, la sauvagine. L'atelier de Toronto a remarqué aussi la nécessité de construire des modèles pour extrapoler les données chronologiques d'écoulement et appliquer les données hydrologiques des bassins versants jaugés à ceux qui ne le sont pas. Les ateliers de Toronto et d'Halifax ont mentionné la nécessité d'établir des modèles applicables aux tourbières.

202 Précipitations

C'est la phase du cycle hydrologique la plus facilement observée, sinon quantifiée. C'est aussi une phase très variable dans l'espace et dans le temps ainsi que sous ses diverses formes : pluie, grêle, pluie verglaçante et neige. Les précipitations ont été étudiées en détail. La topographie extrêmement variée de la région montagneuse de la Cordillère pose des problèmes particuliers de variabilité. Les effets orographiques prédominent et il est nécessaire de prévoir l'altitude où la pluie devient neige. Les techniques utilisant le radar et la télédétection sont nécessaires pour quantifier les précipitations. L'atelier de Regina a fait remarquer la nécessité de disposer de meilleurs instruments, particulièrement pour la neige. L'atelier de Toronto a

signalé la nécessité de modéliser la sécheresse avec des prévisions de trois à six mois. Le transport à grande distance des polluants atmosphériques posait un problème dans toutes les régions. La possibilité de changements climatiques et ses effets sur les précipitations exige une étude plus approfondie.

203 Neige et glace

La situation géographique du Canada confère à ce sujet une importance particulière. En effet, une portion considérable, et parfois majeure, du débit des cours d'eau provient de la fonte des neiges et des glaciers. L'atelier de Vancouver s'est particulièrement intéressé à tous les aspects du comportement des glaciers. La glace sur les lacs, les réservoirs et les rivières doit faire l'objet d'une étude supplémentaire. La formation des glaces et la débâcle dans les rivières ont une influence importante sur le niveau et l'écoulement des eaux. L'érosion des berges et l'affouillement des lits dus au mouvement des glaces présentent également un grand intérêt. Des techniques et des instruments pour mesurer l'écoulement sous la glace sont nécessaires. Dans les Prairies, où la plupart de l'humidité du sol provient de la fonte des neiges, des techniques de gestion de la couverture nivale sont requises. La fabrication de la neige et les utilisations récréatives de la neige sont des domaines importants de recherche. Il faut aussi étudier la redistribution de la couverture nivale par le vent, l'entraînement, le dépôt et la sublimation en transit de la neige. L'atelier de Toronto a cerné des priorités similaires ainsi que l'infiltration pendant l'hiver. Un autre problème de la qualité de l'eau lié à la neige et à la glace est celui des effets de l'acidité du dégel de printemps causés par la libération rapide des acides stockés dans la neige. Ces effets peuvent être graves, même dans des lacs à capacité tampon élevée.

204 Evaporation et transpiration

Il est essentiel de bien comprendre et de quantifier l'évapotranspiration pour gérer les ressources hydrologiques. Le retour des eaux superficielles et souterraines dans l'atmosphère produit un «court-circuit» dans le cycle hydrologique. C'est un facteur capital dans le bilan hydrique des lacs et des réservoirs. Toutes les régions ont exprimé la nécessité de mieux comprendre ces processus. L'atelier de Regina a mentionné un intérêt particulier dans la transpiration par la végétation riveraine le long des berges des canaux d'irrigation. L'atelier de Toronto s'est intéressé à l'impact des rejets thermiques dans les lacs et les rivières sur les taux d'évaporation.

205 Cours d'eau

L'écoulement des eaux dans les cours d'eau et les rivières est le principal moyen de transport depuis le bassin versant jusqu'au lac ou à l'océan. Après les précipitations, c'est la phase la mieux observable du cycle de l'eau. Des millions de dollars ont été dépensés pour utiliser le débit ou pour se protéger contre les importants dommages matériels dus aux inondations. De temps à autre, des périodes de très faible débit peuvent avoir de graves répercussions sur des utilisations importantes comme l'approvisionnement en eau, la dilution des eaux usées et le transport.

Toutes les régions ont reconnu la nécessité de mieux prévoir les périodes de débit extrême. L'atelier de Vancouver a mentionné le besoin d'élaborer des techniques de corrélation qui extrapoleraient les données chronologiques de l'écoulement et permettraient d'estimer à long terme le potentiel d'énergie hydro-électrique. Cet atelier a aussi fait remarquer le besoin de perfectionner les méthodes de localisation des sites pour la réalisation de projets hydro-électriques de petite envergure. Plusieurs régions ont proposé des études pour prévoir les effets de modification majeures du régime de l'écoulement sur l'érosion des lits, la propagation des ondes de crue et des processus à impulsion stable.

Le reflux annuel de l'écoulement de printemps de la rivière de la Paix dans le lac Athabasca était un exemple du système à impulsion stable. Le bilan hydrique du lac Athabasca comprend les eaux provenant des inondations de printemps de la rivière de la Paix. Les eaux du groupe de canaux reliant le lac Athabasca à la rivière de la Paix refluent lorsque celle-ci est en crue. Cet important reflux a été réduit considérablement lorsque la force de la crue de printemps sur la rivière de la Paix a été retenue par le barrage Bennett. Les inondations régulières ne sont pas nécessairement mauvaises.

L'atelier de Regina s'est intéressé aux effets du drainage agricole sur l'écoulement des eaux. L'atelier de Toronto a mentionné la nécessité d'améliorer les méthodes de calcul des dommages dus aux inondations, et de connaître les effets de l'agriculture, de la foresterie, de l'aménagement urbain et de l'industrie sur le régime fluvial. L'atelier d'Halifax a fait remarquer la nécessité de mieux comprendre les effets des marées sur les niveaux et débits d'eau dans les estuaires. Toutes les régions cherchaient le moyen de transposer les données hydrologiques des bassins versants jaugés à ceux qui ne

l'étaient pas. De grands progrès ont été accomplis dans les dernières années pour modéliser mathématiquement l'écoulement, mais il reste beaucoup à faire, particulièrement en ce qui concerne les méthodes de contrôle en temps réel comme les niveaux d'eau télémesurés.

206 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont une source importante d'eau douce pour les utilisations domestiques, industrielles et agricoles. Leur présence varie de façon importante tant en quantité qu'en qualité. Un grand nombre de réservoirs d'eaux souterraines sont réalimentés naturellement par infiltration des eaux de surface et sont donc renouvelables. D'autres réservoirs d'eaux souterraines sont peu ou pas alimentés et, comme dans le cas du pétrole ou du gaz, ce sont des ressources non renouvelables. Le débit des eaux souterraines est très lent, si bien que toute contamination est de longue durée. Etant donné ce fait, les gestionnaires des ressources hydrologiques sont particulièrement préoccupés par toute source potentielle de contamination. Les injections des eaux usées en puits profonds, de mauvaises pratiques de forage et le lessivage des décharges de surface entrainent tous des risques de contamination des eaux souterraines.

L'atelier de Vancouver a fait remarquer que nous avons besoin de plus de données sur la contribution des eaux souterraines au ruissellement des bassins et l'intrusion des eaux salées dans les aquifères d'eau douce dans les régions côtières. L'atelier de Regina s'est particulièrement préoccupé des recherches sur les eaux souterraines étant donné que les eaux de surface de bonne qualité sont relativement rares. Parmi les problèmes étudiés citons : les rapports eaux souterraines - eaux de surface pour une meilleure distribution; la possibilité d'utiliser les aquifères pour stocker les eaux de surface en surplus par injection ou épandage; et l'impact des conditions du sol de surface sur l'alimentation. Quel impact ont les pratiques agricoles du drainage des champs sur le régime des eaux souterraines? Une autre question importante est le mouvement des contaminants à travers les formations souterraines. Est-il possible de contrôler le mouvement pour limiter les dispersions de potasse, d'herbicides, d'engrais et de déchets industriels?

L'atelier de Toronto a mentionné la nécessité d'entreprendre un grand nombre de travaux de recherche susmentionnés et fait aussi remarquer le besoin d'avoir de meilleurs instruments tant pour mesurer la qualité que la quantité. Des modèles améliorés de transport des eaux

souterraines seront requis. Quel est le rôle des eaux souterraines dans la modification des effets des pluies acides?

L'atelier d'Halifax s'est particulièrement consacré à l'écoulement souterrain dans des roches fracturées par rapport aux formations d'aquifères granulaires. Une autre inconnue était l'effet de l'urbanisation sur le système des eaux souterraines sous-jacentes. La plupart des régions étaient préoccupées par le manque général de données sur les ressources en eaux souterraines.

207 Les eaux d'infiltration

Cet aspect majeur de l'interface dans le cycle hydrologique est important pour les spécialistes en hydrologie étant donné qu'il est lié à l'infiltration. Il s'agit d'un problème primordial pour les agriculteurs, étant donné que c'est la base de toute production de culture. Les hydrologues s'intéressent à l'humidité du sol parce qu'elle influe sur les vitesses d'infiltration et, par conséquent, sur la relation précipitation-ruissellement. Les agriculteurs considèrent l'humidité du sol comme la caractéristique la plus importante du contrôle de la transpiration, laquelle est directement liée à la croissance des plantes.

L'atelier de Vancouver a fait remarquer la nécessité d'effectuer des travaux de recherche sur les indices d'humidité du sol pour la modélisation hydrologique et l'état du sol dans la mesure où il influe sur l'infiltration et, donc, le ruissellement. L'atelier de Regina a proposé que cette sous-catégorie soit élargie pour inclure la couche active dans les régions de pergélisol. Des recherches plus approfondies sont nécessaires pour comprendre le processus d'infiltration, particulièrement dans les terrains gelés et le pergélisol. Plusieurs régions ont appuyé la nécessité de mettre au point des techniques de télédétection pour cartographier l'humidité du sol. L'atelier de Toronto a attiré l'attention sur l'effet de l'humidité du sol sur la stabilité des pentes. L'atelier d'Halifax était particulièrement intéressé par les études sur l'humidité du sol dans les tourbières.

L'intérêt pour cette sous-catégorie a été rehaussé par la participation à la Réunion sur la planification des travaux de la Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, consacrée au thème de l'eau dans l'agriculture. Comme il a été déjà noté, les agriculteurs considèrent l'humidité du sol d'un point de vue tout à

fait différent de celui de l'hydrologue. Des sujets de recherche ayant trait à cette sous-catégorie comprenaient: l'attitude des physiciens en ce qui concerne les besoins de faire des recherches sur l'eau dans le sol; les effets de l'agriculture sur la qualité de l'eau; la gestion de l'eau pour les sols d'irrigation à texture grossière; la gestion du sol pour la conservation de l'humidité au sol; la gestion de l'eau, l'érosion et le tassement du sol ainsi que la gestion améliorée des sols humides.

208 Lacs

Les lacs sont une caractéristique dominante des ressources en eau du Canada. Il est probable que les efforts les plus importants accomplis jusqu'à maintenant dans le domaine de la recherche sur les ressources en eau du Canada sont les études sur les Grands lacs laurentiens menées aux termes de l'Accord Canada-Etats-Unis sur la qualité de l'eau dans les Grands lacs. Ce projet de plusieurs millions de dollars, qui a débuté au milieu des années 60, se poursuit encore aujourd'hui.

Bien que les Grands lacs soient les plus vastes, ils ne sont pas les seuls à avoir de l'importance. Le Manitoba, l'Alberta et les Territoires du Nord-Ouest possèdent des lacs qui sont parmi les plus grands du monde et des milliers de plus petits lacs sont éparpillés de la Colombie-Britannique aux provinces Maritimes.

Les grands réservoirs se comportent comme des lacs et présentent des problèmes semblables. Des installations hydro-électriques en Colombie-Britannique ont créé plusieurs grands réservoirs. L'atelier de Vancouver a mentionné la nécessité de procéder à des travaux de recherche sur la régularisation des réservoirs à partir d'analyses stochastiques de l'écoulement. Il est nécessaire aussi de procéder à des études sur les ondes et les seiches. Les lacs des Prairies doivent faire l'objet d'une attention particulière étant donné qu'ils sont très différents des lacs des montagnes ou du Bouclier précambrien. Les petites nappes d'eau comme les fondrières sont très importantes pour le régime des eaux souterraines et comme habitat pour la faune - particulièrement la sauvagine. De nombreuses nappes d'eau de plus grande superficie ont une salinité élevée et à l'occasion un débit sortant. Elles sont relativement peu profondes et accusent une vie végétale aquatique abondante. Il faut poursuivre les recherches sur les processus physiques, chimiques et biologiques dans les lacs des Prairies et leur contribution au bilan hydrique général. Les fondrières des Prairies sont un bon exemple

de conflits d'utilisations. Les groupes de protection de la faune et de naturalistes désirent les préserver comme habitat vital. Les agriculteurs ne les voient que comme des aires non cultivables et désirent les drainer pour accroître la production des cultures.

En Ontario, les Grands lacs sont la principale ressource en eau. Cet important réseau a suscité un grand nombre de projets de recherches et a fait l'objet de plusieurs accords Canada-Etats-Unis. Même si au cours des 20 dernières années, les connaissances se sont accrues, un certain nombre de questions importantes demeurent sans réponse. Par exemple, la fraction de la charge totale en phosphore disponible pour la fixation biologique reste inconnue et les causes des zones d'anoxie dans l'hypolimnion du lac Erié font l'objet de discussions dans la communauté scientifique.

L'atelier d'Halifax, comme celui de Vancouver, s'est consacré en particulier aux réservoirs de retenue et à leur impact sur l'écosystème. Des études sur la construction de réservoirs à utiliser postérieurement, comme le propose le rapport de Marsan, ont été recommandées.

209 L'eau et les plantes

Dans cette sous-catégorie, comme dans celle des eaux d'infiltration (207), les points de vue des hydrologues et des agriculteurs diffèrent sensiblement. L'atelier de Vancouver a mentionné la nécessité de faire des recherches sur l'interception des précipitations par les plantes et, par conséquent sur leurs répercussions dans le processus précipitations-ruissellement. Les participants à l'atelier se sont aussi intéressés au rôle que joue la végétation dans la retenue de la couverture nivale et la formation de brise-vent. Des recherches plus approfondies au sujet des répercussions des diverses pratiques de culture sur la qualité des eaux souterraines ont été proposées à l'atelier de Regina.

D'autre part, les agriculteurs ont considéré ce sujet comme leur raison d'être. L'utilisation d'une végétation d'automne pour lutter contre l'érosion du vent et gérer la couverture nivale est liée directement à la récolte de l'année suivante. Quel que soit le point de vue, des recherches plus approfondies sont nécessaires.

210 Erosion et sédimentation

Le mouvement des sédiments par les eaux d'écoulement entraîne de nombreux effets préjudiciables. Le sol des

terres agricoles ainsi emporté représente une lourde perte en sol arable. Ces sédiments causent de graves problèmes puisqu'ils passent dans les cours d'eau et les rivières. L'érosion localisée des berges des rivières et des rivages peut être particulièrement dommageable pour les propriétaires de terres riveraines. Les sédiments sont déposés dans les zones dormantes des cours d'eau et des rivières. On les retrouve finalement dans les lacs et les réservoirs.

Les processus du transport des sédiments ne sont pas totalement connus et des modèles nouveaux ou améliorés sont nécessaires pour prévoir ces processus de façon plus précise. Les répercussions d'un barrage sur le régime d'une rivière sont importantes et souvent de grande portée. Le dépôt des sédiments dans un réservoir peut entrainer par la suite une érosion en aval, et faire baisser la capacité effective de stockage du réservoir. Des méthodes nouvelles et améliorées pour mesurer le transport des sédiments sont nécessaires. De meilleures méthodes pour quantifier la perte des sols emportés sont également requises. Il faudrait avoir plus de données sur le transport en surface et les effets des changements de l'utilisation des terres comme la coupe rase, l'aménagement urbain et la production de maïs sans labours.

211 Processus chimiques

Les caractéristiques chimiques d'une nappe d'eau ont un impact majeur sur ses possibilités d'utilisation. Des modifications de ces caractéristiques peuvent avoir des effets sur un grand nombre d'éléments de l'écosystème. Toutes les régions sont préoccupées par les répercussions des pluies acides sur les ressources en eau. Un grand nombre d'autres substances présentes dans les précipitations modifient aussi les propriétés chimiques. Dans le lac Supérieur, par exemple, la charge en phosphore de l'atmosphère représente une partie très importante de la charge totale (37 %).

Les propriétés chimiques des eaux souterraines et l'impact des polluants nécessitent des études plus approfondies. L'injection en puits profonds et le lessivage des décharges de déchets chimiques, menacent gravement cette importante ressource en eau.

212 Les problèmes estuariens

Le Canada possède un littoral très étendu, auquel il faut ajouter les rives des Grands lacs de morphologie semblable. L'une des caractéristiques importantes d'une zone côtière est l'estuaire. La plupart des communautés

maritimes sont établies dans des estuaires et un grand nombre de formes de vie aquatique sont tributaires des conditions des eaux moitié douces et moitié salées que l'on y retrouve. L'interaction du bassin versant intérieur et de l'océan crée de nombreux problèmes de gestion de ressources en eau. Quel est l'impact de la construction d'un réservoir sur les estuaires en aval? Dans certains cas, une baisse de la charge sédimentaire peut entrainer l'érosion des plages. Les coquillages ne sont plus comestibles à cause de la pollution des eaux en amont et des eaux urbaines locales. Inversement, les effets des marées et des marées de tempête peuvent contribuer à des inondations locales et en amont.

L'atelier d'Halifax a précisé un problème non technique en ce qui concerne la recherche et la gestion des estuaires. Il s'agit d'un problème de compétence. Qui est responsable? La municipalité locale, le gouvernement provincial, ou le gouvernement fédéral? Les responsabilités sont souvent divisées entre différents ministères relevant de la même juridiction administrative. En conséquence, les problèmes restent souvent sans solution. Un ministère peut avoir la responsabilité de gérer, mais ne dispose pas des outils nécessaires, tandis qu'un autre organisme disposera des moyens requis, mais n'aura pas le mandat. Des autorités en matière de bassins versants ont été proposées comme une solution possible.

300 Augmentation et conservation des réserves en eau

La demande en eau augmentera parallèlement à l'accroissement de la population du Canada. Dans certaines localités, toute croissance ultérieure est entravée par les ressources limitées en eau. Un tel problème peut être traité de deux façons différentes. La première consiste à augmenter les réserves, la seconde, à réduire la demande par habitant. Les recherches dans cette catégorie traitent de ces deux stratégies possibles.

301 Conversion des eaux salines

Un grand nombre d'utilisations des eaux nécessite de l'eau douce. Dans certaines localités, les eaux saumâtres sont les seules disponibles. Des recherches sont nécessaires sur les modes de traitement de ces eaux en vue de leur utilisation à des fins domestiques ou agricoles. Certaines eaux de puits contiennent des produits chimiques particuliers comme le fer, le soufre ou les nitrates. Des recherches dans le domaine du traitement de produits chimiques particuliers sont nécessaires.

302 Amélioration de la production d'eau

L'importance et la période du ruissellement de printemps peuvent dépendre du mode de gestion du bassin versant en amont. Les pratiques sylvicoles et agricoles peuvent retarder ou avancer la période de fonte des neiges et de petits réservoirs tributaires peuvent retenir une partie du ruissellement et le libérer plus tard, soit par déversement direct, soit par les eaux souterraines vers le lit du cours d'eau. Le Programme de recherche du bassin versant de l'Alberta est un bon exemple de ce genre d'études. Des travaux semblables sont nécessaires dans d'autres régions du pays. Le résultat final potentiel de ces études est très important pour certaines régions pauvres en eau.

303 Utilisation des eaux usées

La sous-catégorie 301 signalait qu'un grand nombre d'utilisations des eaux exigent de l'eau douce, propre et potable. Cependant, d'autres utilisations ne dépendent pas de la qualité de l'eau ou peuvent être adaptées à de l'eau de moins bonne qualité. Des recherches plus avancées sont nécessaires pour mettre au point des cultures qui peuvent tolérer des concentrations salines plus élevées dans les eaux d'irrigation. Un grand nombre d'utilisations des eaux dans l'industrie, comme l'eau de refroidissement ou la chasse d'eau peuvent tolérer des eaux très polluées.

304 Conservation des eaux d'usage domestique

La majeure partie de l'eau utilisée dans les foyers sert à évacuer les eaux sanitaires et dans certains cas les eaux ménagères. Il est nécessaire de découvrir de nouveaux moyens techniques pour réduire ces demandes. Le moyen le plus efficace de réduire l'utilisation domestique consiste probablement à augmenter le coût au consommateur. Des recherches socio-économiques dans ce domaine sont nécessaires pour traiter le sujet.

Une autre perte importante en eaux domestiques réside dans les fuites du réseau municipal de distribution. Etant donné que le prix de l'eau augmente, le coût des réparations du réseau de distribution se justifie économiquement. Dans certains réseaux, les fuites représentent 50 % de la demande totale.

305 Conservation des eaux d'usage industriel

Des systèmes modernes expérimentés dans les régions pauvres en eau ont prouvé qu'il existe énormément de moyens de réduire la demande en eau dans l'industrie. Dans bien des cas, un investissement important en capital

est nécessaire et il faut faire de nombreuses recherches dans les domaines des nouveaux procédés et des possibilités de recirculation. Dans une aciérie, on a constaté que la demande en eau par unité de production était tombée de 180-270 milliers de litres par tonne d'acier produit à 6.4 milliers de litres par tonne. Bien entendu, il s'agit là d'un exemple extrême, mais il est possible de réduire considérablement la demande en eau. L'atelier de Regina a été particulièrement sensible au problème des économies d'eau dans l'industrie. Les initiatives récentes dans l'industrie de l'énergie augmenteront fortement la demande en eau dans des régions déjà pauvres en eau.

306 Conservation des eaux d'usage agricole

L'irrigation des cultures agricoles représente une utilisation importante de l'eau dans certaines régions, particulièrement dans le sud de l'Alberta. Des cultures spécialisées comme celles des petits fruits et des légumes sont irriguées à des étapes décisives de leur croissance, dans un grand nombre d'autres régions du Canada. L'eau d'irrigation représente la part la plus importante de la demande en eau dans l'agriculture. Un nouvel équipement et des techniques de gestion sont nécessaires pour optimiser cette utilisation de l'eau. L'atelier de Regina a manifesté un vif intérêt pour cette sous-catégorie. Des recherches sont nécessaires pour aider les décideurs (agriculteurs) à utiliser cette ressource de façon efficace. Parmi ces recherches signalons : la télédétection de l'humidité du sol; une meilleure modélisation mathématique des besoins en humidité du sol; l'amélioration de la collecte et de la publication des données sur l'humidité du sol; et des installations radar en temps réel permettant de mesurer l'humidité du sol par la méthode diélectrique. Au cours de la Réunion sur les eaux dans la planification des travaux agricoles, de nombreuses études traitant de la gestion de l'humidité du sol ont été discutées. Les sujets comprenaient : le point de vue des physiciens en ce qui concerne les recherches sur l'humidité du sol; l'utilisation de l'eau par les cultures dans l'Ouest du Canada; la gestion de l'eau pour l'irrigation des sols à texture grossière; la gestion de l'eau pour l'irrigation des cultures; les systèmes d'épandage; la lutte contre les plantes aquatiques nuisibles; le calendrier des travaux d'irrigation; et l'irrigation par les effluents. Toutes les études susmentionnées devraient permettre de réduire le gaspillage des eaux d'irrigation.

307 Modification locale du climat

Les possibilités de modifier les conditions météorologiques sont très limitées. Des recherches beaucoup plus approfondies sont nécessaires dans ce domaine. Le programme de suppression de la grêle en Alberta est un bon exemple. La Saskatchewan s'intéresse à une étude sur le renforcement des précipitations et leurs répercussions locales et sous le vent. Les projets de suppression de l'évaporation des Prairies pourraient-ils avoir un impact sur les conditions météorologiques locales? Comme on peut s'y attendre, seul l'atelier de Regina a traité de ce sujet.

400 Gestion et contrôle des ressources en eau

L'homme contrôle les eaux depuis des milliers d'années. Les premiers réseaux d'irrigation et les aqueducs romains en sont des exemples. D'autres activités humaines ont également exercé un impact sur les ressources en eau, souvent dans un sens négatif et difficilement reconnaissable. Certains des projets de construction les plus grandioses sont consacrés à ce contrôle, par exemple les énormes projets de barrages et les vastes réseaux de navigation. Malgré toutes ces années de travaux, il reste beaucoup à apprendre, particulièrement en ce qui concerne les répercussions imprévues.

401 Contrôle des eaux de surface

La catégorie 800 a été consacrée aux travaux de génie; la présente sous-catégorie soulignera donc les impacts des activités connexes. Les conclusions établies par l'atelier de Regina ont simplement confirmé celles du rapport Durrant. En outre, l'atelier a eu recours au rapport de la Réunion de planification du projet Lethbridge d'Agriculture Canada pour établir les exigences ci-après.

Depuis de nombreuses années, des techniques de drainage des terres sont mises en oeuvre pour transformer des terrains marécageux incultes en terres agricoles de premier choix. Le drainage au moyen de tuyaux peut également accélérer la fonte du manteau nival en vue de permettre l'ensemencement plus tôt au printemps. Il faudra procéder à des recherches afin de déterminer les effets du drainage au moyen des tuyaux en aval des terrains. Comme il a été mentionné antérieurement, le drainage des terrains marécageux des Prairies permettrait d'augmenter la superficie des terres cultivables mais en aggravant les risques d'inondation printanière dans les régions en aval. Quels seraient les effets de cette méthode de drainage sur les eaux souterraines?

Dans certains cas, le drainage au moyen de tuyaux peut influer directement sur le niveau des eaux souterraines et entraîner une baisse de la nappe phréatique. Il faudra effectuer des recherches pour déterminer la profondeur et l'écartement optimaux des drains en fonction de la pente et de la texture du sol.

Les techniques de gestion des zones agricoles et des autres terres influent sur la qualité des eaux de ruissellement et des eaux souterraines. La migration des substances nutritives et des pesticides doit faire l'objet d'études plus approfondies.

Les changements majeurs dans l'utilisation des terres peuvent perturber le climat. Quels sont les changements climatiques qui peuvent être causés par la transformation des forêts en terres de culture en rangées et en zones urbaines?

402 Gestion des eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent d'importantes sources d'approvisionnement dans la plupart des régions du pays. La gestion des eaux souterraines exige la réglementation de l'extraction de ces eaux et de la réalimentation de ces nappes souterraines.

Dans de nombreux cas, les volumes d'eau extraits des nappes souterraines dépassent les quantités destinées à les réalimenter; il s'agit alors d'une forme «d'exploitation». Quelles sont les conséquences socio-économiques et politiques de l'exploitation de l'eau? Ces questions revêtent une importance accrue dans les zones où de grands volumes d'eaux souterraines sont utilisés à des fins d'irrigation. Le propriétaire foncier a-t-il libre accès aux eaux souterraines de sa propriété? Quels effets cela peut-il avoir sur ses voisins? Des programmes de gestion régionaux, interprovinciaux et, parfois, internationaux peuvent être nécessaires.

Les formations aquifères profondes où l'eau est de qualité médiocre servent parfois à l'élimination par injection en puits profonds des résidus industriels. Quelles mesures faut-il prendre pour protéger les autres aquifères qui se trouvent dans les mêmes colonnes de sol? Y a-t-il migration des eaux d'un aquifère à l'autre?

Les nappes d'eaux souterraines peu profondes possèdent souvent des sources de réalimentation locales. Il faut étudier les modèles d'écoulement des eaux souterraines peu profondes et leur interaction avec les eaux plus

profondes. Les eaux souterraines peu profondes peuvent être contaminées par des sources de réalimentation de mauvaise qualité comme le suintement des décharges contrôlées et des décharges de produits chimiques. Ces eaux souterraines s'écoulent habituellement jusqu'au lit d'un cours d'eau local où elles assurent le débit de base du cours d'eau. En raison de ce fait, les eaux souterraines peuvent transporter le percolat des décharges jusqu'aux eaux superficielles environnantes. Il faut approfondir les connaissances en la matière et trouver des méthodes de mesure quantitative de tels processus. Le programme de dépollution du Super Fund des Etats-Unis[1] permet de mettre en évidence l'ampleur de ce type de problème.

De nombreux projets d'élimination des résidus de combustibles radioactifs des centrales nucléaires proposent le stockage dans des strates très profondes. Les risques de dispersion de ces substances résiduaires dans les eaux souterraines constituent un élément clé qui doit faire l'objet de recherches supplémentaires.

Dans certaines régions, les nappes souterraines peuvent être réalimentées artificiellement par l'épandage d'eau. Les méthodes d'épandage doivent être étudiées de façon plus détaillée, particulièrement en ce qui concerne les risques d'obstruction des pores et les réactions chimiques.

403 <u>Effets sur l'eau des activités humaines</u>

L'être humain est en mesure d'apporter des modifications marquées au relief, particulièrement aux réseaux de drainage des eaux superficielles. A l'aide d'énormes barrages, il transforme des cours d'eau impétueux en réservoirs quasi-stagnants. Les eaux sont dérivées pour traverser les frontières des bassins versants. Des canaux relient les océans entre eux et les Grands lacs aux rivières à marées. Ces transformations entrainent des modifications prévues ou imprévues. Il faut évaluer l'impact de ces mégaprojets sur le milieu où ils sont mis en oeuvre et tenir compte de leurs répercussions physiques et sociales. Dans de nombreux cas, il est possible d'effectuer une étude préalable du milieu afin de repérer le biote et les gens qui risquent d'être perturbés, mais nous ne connaissons rien des processus qui provoquent de tels effets. Nous sommes donc contraints à faire des prévisions qui se fondent sur des données incomplètes. Il faut procéder à des recherches de base poussées dans ce domaine; en outre, comme le recommande le rapport Marsan,

---

1 Programme de plusieurs milliards de dollars destiné à décontaminer et à enfouir en toute sécurité les centaines de décharges de produits chimiques aux Etats-Unis

le projet lui-même devrait constituer une méga-expérience permettant de poursuivre la surveillance des divers paramètres de l'environnement longtemps après la réalisation du projet. Il serait ainsi possible de faire l'étude comparative des impacts constatés et prévus et, par conséquent, d'étalonner le modèle afin d'effectuer des prévisions davantage précises pour les autres propositions de projets.

L'urbanisation de vastes superficies de terres a également eu des effets préjudiciables sur les ressources en eau. La construction de routes et d'immeubles entrave le drainage superficiel, ce qui provoque la dérivation des eaux. Les eaux souterraines sont contaminées par la percolation des réseaux de distribution d'eau et d'égout. Dans les zones asphaltées et construites, les eaux pluviales ne peuvent pas s'infiltrer dans le sol. Les ruisseaux et les cours d'eau locaux sont contaminés par les eaux d'orage provenant des exutoires des égouts. Tous ces impacts doivent faire l'objet de recherches pour que des décisions appropriées puissent être prises en matière de gestion. Les transformations de vastes superficies de terres, comme le déboisement, peuvent avoir des répercussions notables sur le débit et la qualité des eaux superficielles. Les réservoirs situés en aval des zones où il y a érosion accrue peuvent se remplir, ce qui entraîne la destruction des aires de frai des poissons.

500 Gestion et protection de la qualité de l'eau

Comme il a été mentionné dans le corps du rapport, de 1966 à 1979, il y a eu une augmentation considérable (de 30 à 40 %) des fonds octroyés à cette catégorie. Cette tendance met en évidence les préoccupations sans cesse croissantes au sujet de la qualité du milieu au cours de cette période. Nous continuons à nous préoccuper énormément de notre environnement, ou plus précisément de l'écosystème dont nous faisons partie, mais les recherches en la matière ont été gravement entravées en raison de la conjoncture économique. L'accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands lacs constitue la mesure la plus notable prise à cet effet. Au cours des dernières années, les substances toxiques dans l'écosystème sont devenues le point de mire (alors qu'autrefois, on se préoccupait davantage de l'eutrophication) car nous avons mis au point des méthodes analytiques permettant de repérer et de quantifier des concentrations extrêmement faibles de ces polluants.

501 Identification des polluants

Les progrès récents réalisés en chimie analytique nous permettent de repérer des polluants qui, jusqu'à

maintenant, étaient indécelables. Les projets de recherche et de développement dans ce domaine doivent se poursuivre car les méthodes d'analyse ne permettent pas encore de détecter de nombreuses substances polluantes. D'après tous les groupes de travail, les substances toxiques constituent un problème prioritaire. Les recherches dans cette sous-catégorie ne sont pas propres à un site et les nouvelles méthodes d'analyse qui sont mises au point ont une vaste gamme d'applications.

502 Origine et effet final de la pollution

Un très grand nombre de domaines de recherche se rattachent à cette sous-catégorie. Dans l'écosystème, le cheminement des polluants depuis la source jusqu'à l'aboutissement est fort complexe. Dans le cas qui nous concerne, le cheminement s'effectue principalement par l'intermédiaire de l'eau. Parmi les sources de pollution, mentionnons les points de rejet ponctuels d'origine industrielle et domiciliaire, le ruissellement des sources non ponctuelles dû aux utilisations des terres, les dépôts atmosphériques et les sédiments en suspension. Les mécanismes peuvent être de nature physique, chimique ou biologique. En ce qui concerne les matières organiques toxiques, une propriété importante du processus biologique consiste en la capacité de bioaccumulation de ces composés qui augmente en remontant la chaîne alimentaire. Les concentrations de substances persistantes comme les BPC dans l'eau sont presque indécelables, mais les concentrations mesurées chez les prédateurs des maillons supérieurs de la chaîne trophique comme les poissons et les goélands argentés peuvent être suffisamment élevées pour mettre en danger la santé publique. La chloration des eaux d'égout en présence de matières organiques constitue un processus chimique qui soulève de plus en plus de préoccupations. Ce phénomène peut entraîner la formation de matières organiques chlorées qui sont extrêmement persistantes et, dans certains cas, cancérigènes. Les sédiments de fond constituent le lieu où la plupart des polluants viennent finalement se déposer. Les carottes de sédiments offrent donc un moyen utile d'enregistrer au cours des ans le degré de contamination des nappes d'eau.

L'atelier de Vancouver s'est intéressé aux sources de pollution comme les déversements d'hydrocarbures dans l'Arctique, l'exploitation des gisements alluvionnaires, les explosifs à base de NO_3 et les engrais et pesticides utilisés en foresterie et en agriculture. Le transport des polluants d'une étape à l'autre de la chaîne alimentaire, particulièrement dans les estuaires et les habitats intertidaux, ont fait l'objet d'études.

L'atelier de Regina a souligné l'importance du mode interne de la charge en éléments nutritifs. Il s'agit de la réintroduction des concentrations de P présentes dans les sédiments. L'épandage des effluents des usines d'épuration des eaux d'égout sur les terres agricoles à des fins particulières d'irrigation constitue une autre source de pollution (dans ce cas, il s'agit également d'une autre source d'éléments nutritifs). Les éléments nutritifs ont un effet bienfaisant, mais il faudrait effectuer des recherches supplémentaires afin de déterminer les effets des autres substances, comme les métaux lourds présents dans les effluents, sur la croissance des plantes. L'atelier a également recommandé d'approfondir les connaissances au sujet de la toxicité des produits provenant de la décomposition de certains polluants qui, à l'état primaire, semblent inoffensifs.

L'atelier de Toronto a proposé d'amorcer des recherches sur la dynamique de la chaîne alimentaire et sur la structure de la communauté en fonction du cheminement des éléments dans la chaîne trophique et de la bioaccumulation. Il a également signalé le besoin d'étudier les effets synergiques et antagonistes de la combinaison des polluants. Les membres de l'atelier ont également recommandé d'étudier la possibilité d'utilisation des espèces biologiques comme filtres pour la décontamination biologique des eaux. En outre, ils ont recommandé de poursuivre les recherches sur la biodisponibilité des diverses formes de phosphore. Il faudra approfondir considérablement les connaissances en matière de pluies acides, qui constituent un cas particulier de dépôt atmosphérique.

D'après l'atelier d'Halifax, l'utilisation du sel pour le déglacement des routes risque de constituer une source de contamination. Les eaux salines qui s'infiltrent dans les nappes aquifères côtières constituent une autre source de pollution par le sel qui doit faire l'objet d'études supplémentaires. L'atelier a également signalé qu'il fallait poursuivre les recherches sur l'utilisation de certains biotes de la chaîne trophique comme indicateurs biologiques de la qualité de l'eau.

503 Effet de la pollution

Par définition, la pollution a pour effet d'empêcher ou d'entraver une utilisation souhaitable des ressources. Les répercussions peuvent être d'ordre culturel ou il peut s'agir de perturbations d'espèces fauniques que la société désire protéger.

L'atelier de Vancouver s'est soucié de l'impact des déversements d'hydrocarbures sur l'écologie vulnérable de l'Arctique. Il faut déterminer les capacités de récupération de ces écosystèmes. Les transferts d'eau d'un bassin versant à un autre risquent d'entrainer l'introduction d'organismes étrangers dans le milieu récepteur, ce qui pourrait perturber l'équilibre écologique. Les pesticides utilisés en foresterie et en agriculture peuvent avoir des effets préjudiciables sur les poissons et autres organismes non visés. Il faut poursuivre les recherches pour arriver à prévoir ces impacts et trouver d'autres produits moins nuisibles que les pesticides chimiques.

L'embouchure du Fraser met en évidence les risques d'impact sur diverses espèces. Les polluants provenant de l'exploitation forestière et des effluents des usines d'épuration risquent-ils de détruire cet habitat de la sauvagine et du saumoneau? Il faut effectuer des recherches supplémentaires afin de déterminer s'il s'agit de perturbations réelles.

L'atelier de Regina a traité de l'impact de l'utilisation des eaux extrêmement salines à des fins d'irrigation des terres agricoles. L'eutrophication a de graves répercussions sur les utilisations récréatives des lacs et des réservoirs. Comme dans toutes les régions, des préoccupations majeures ont été suscitées au sujet des effets préjudiciables des pluies acides sur les nombreux petits lacs du Bouclier et des phénomènes liés au pH comme la mise en circulation des métaux lourds.

L'atelier de Toronto s'est particulièrement préoccupé des substances toxiques et de leur impact sur les divers éléments biologiques de l'écosystème, dont l'être humain. Il est indispensable d'étudier les effets létaux et chroniques de nombreuses substances toxiques. L'évaluation quantitative de l'impact des polluants constitue l'aspect de la gestion des contaminants où les lacunes sont les plus marquées. Il est actuellement pratique courante de repérer la majorité des polluants à l'état de trace et d'en mesurer les concentrations mais, dans de nombreux cas, les résultats obtenus sont inutiles puisqu'on n'a pas encore déterminé les seuils de nocivité pour les humains et les autres espèces biotiques. L'eutrophication due à l'activité humaine et la gestion du phosphore constituent toujours des domaines importants. Une lacune de la stratégie de gestion est due au manque de connaissances relatives aux effets de la réduction du phosphore sur les lacs et sur les utilisations des ressources en eau.

L'atelier de Québec a recommandé d'approfondir les connaissances au sujet des répercussions de la mise en valeur du Grand Nord sur les autochtones qui y vivent. Il faut procéder à des recherches supplémentaires sur les problèmes particuliers du Nord. Cet atelier a également signalé qu'il fallait se tenir au courant des recherches effectuées à l'étranger, qui pourraient avoir une application au Canada.

L'atelier d'Halifax se souciait particulièrement des effets préjudiciables des contaminants sur la qualité des eaux souterraines. En raison des formations géologiques superficielles de la région, les eaux souterraines peu profondes sont particulièrement vulnérables à la contamination provenant des sites d'élimination des déchets. Cet atelier a recommandé de poursuivre les recherches sur l'utilisation des organismes comme indicateurs biologiques, ce qui signifie, en réalité, l'étude des effets mesurables ou observables d'une source de pollution sur une espèce biologique particulière.

504 Traitement des eaux de rebut

Les procédés d'épuration des eaux résiduaires urbaines et industrielles existent depuis de nombreuses années. Dans les usines d'épuration des eaux résiduaires urbaines, on élimine habituellement la majorité des matières qui favorisent la demande biochimique d'oxygène (D.B.O.) et des matières en suspension. La chloration permet de détruire les bactéries pathogènes.

Ce traitement «primaire» ou «secondaire» ne permet pas d'éliminer les éléments nutritifs comme le phosphore ni les substances toxiques comme les métaux lourds et les matières organiques chlorées. Il faut soumettre les eaux à un traitement tertiaire en vue d'éliminer ou de réduire ces substances. Dans la plupart des cas, le traitement tertiaire doit être adapté aux effluents particuliers. En outre, il faut prendre en considération la qualité désirée des eaux du milieu récepteur.

Le Québec avait plusieurs années de retard sur la plupart des provinces en raison de l'étendue et de l'écoulement rapide du fleuve Saint-Laurent. Au cours de l'étude Canada-Québec, les chercheurs ont constaté la capacité d'assimilation limitée du fleuve et ont souligné le besoin urgent de construire des installations d'épuration.

L'atelier de Toronto a recommandé d'effectuer des recherches supplémentaires sur le recyclage des déchets. Dans de nombreux cas, les déchets recyclés deviennent une

ressource utile. A ce titre, mentionnons l'utilisation des effluents liquides des usines d'épuration comme eau d'irrigation riche en substances nutritives. Dans certaines régions, ces techniques ont été éprouvées, mais il faudra rassembler de nombreuses autres données afin d'en étendre les applications. Les boues des eaux d'égout peuvent également être utilisées comme engrais si elles ne sont pas contaminées par des métaux lourds ou d'autres substances toxiques. Il faut donc poursuivre les recherches en vue de trouver des moyens d'éliminer ces substances toxiques au cours de l'épuration ou d'éviter qu'elles ne contaminent les eaux d'égout en interdisant les déversements industriels dans les réseaux d'égout. Une deuxième possibilité serait d'étudier le prétraitement de certains polluants industriels. Dans la plupart des cas, il serait plus facile d'éliminer ces substances dont les concentrations sont relativement élevées à l'usine au lieu d'attendre qu'elles soient diluées dans les égouts domestiques.

Selon l'atelier de Regina, il faut trouver des méthodes moins coûteuses de traiter les déchets dans les collectivités rurales. Les excréments du bétail pourraient être soumis à des traitements plus efficaces. Les répercussions de l'utilisation des effluents des eaux usées à des fins d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines suscitent de véritables préoccupations.

Dans cette sous-catégorie, les recherches devraient être axées sur les substances toxiques qui ne font pas l'objet de traitements classiques et sur la réutilisation ou le recyclage des déchets.

505 Enlèvement des rebuts

Certains aspects de l'élimination finale des déchets ont été présentés dans des sous-catégories antérieures, mais nous les aborderons de nouveau dans cette section afin de compléter des données.

Les usines de traitement des déchets domestiques produisent des résidus solides et liquides qui doivent être éliminés. L'effluent liquide est fréquemment déversé dans un cours d'eau ou un lac où la dépollution est assurée par des processus de biodégradation naturelle. Les données sur la capacité d'auto-épuration des systèmes naturels sont incomplètes et il serait possible de réduire considérablement les coûts du traitement si nous étions en mesure de prévoir de façon précise la capacité tampon naturelle du milieu récepteur.

Les déchets liquides peuvent être utilisés à la fois comme eaux d'irrigation et engrais sur les terres agricoles. Il faut tenter d'approfondir les connaissances au sujet des effets des bactéries pathogènes ou des virus transportés par le vent dans les zones adjacentes, de l'impact des substances toxiques sur les récoltes ou sur les utilisateurs de celles-ci et de la qualité du courant sous-jacent et de ses impacts sur les eaux souterraines et superficielles.

Les boues solides ou semi-solides, qui résultent de la concentration des matières en suspension dans les eaux usées initiales, doivent être éliminées. Dans certains cas, les boues sont déshydratées et brûlées. Ce procédé pollue l'air. Les boues peuvent être transportées jusqu'à des décharges contrôlées pour y être enterrées. Par ailleurs, si elles ne présentent aucune concentration de métaux lourds comme le mercure, elles peuvent servir d'engrais sur les terres agricoles.

Les déchets industriels doivent être soumis à des traitements particuliers et, dans certains cas, il n'existe aucun procédé d'épuration pratique. Des solutions de rechange consistent à diluer les déchets à des concentrations suffisamment faibles comme dans le cas des déversements en mer ou à les éliminer de façon «permanente» de la biosphère par injection en puits profond. Ces deux possibilités d'élimination doivent faire l'objet de recherches supplémentaires. Les préoccupations suscitées au sujet de l'élimination sécuritaire à long terme des déchets constituent un sujet prioritaire.

506 Purification de l'eau

Dans presque toute l'Amérique du Nord, ni l'abondance ni la qualité des réserves d'eau potable ne suscitent des préoccupations. En effet, en ce qui concerne les polluants classiques, les réserves ne présentent aucun risque. Toutefois, au cours des dernières années, les études ont permis de déterminer que certaines substances toxiques pourraient avoir des effets sous-létaux graves et à long terme sur la santé publique, même à de très faibles concentrations. Dans d'autres cas, les eaux peuvent être potables, mais avoir un goût désagréable.

Dans certaines régions, la chloration destinée à lutter contre la pollution bactérienne peut, en réalité, entrainer la formation de substances cancérigènes par la réaction des bactéries avec les matières organiques

présentes dans la réserve d'eau brute. Le même problème risque de se poser au cours de la post-chloration des effluents d'égouts.

En raison des volumes relativement petits d'eau polluée par ces substances, il peut être plus rentable de lutter contre certains types de polluants en soumettant les eaux à un traitement près du point d'utilisation au lieu de tenter de les éliminer complètement de l'environnement. On peut faire un pas de plus en assurant un «traitement final» de l'eau par l'installation de filtres à charbon dans les robinets. De nombreux projets de recherche et développement devront être mis en oeuvre afin de déterminer quels sont les modes de traitement qui conviennent le mieux aux situations particulières.

L'un des avantages de l'installation de filtres à charbon activé dans les robinets est que ces dispositifs permettent également d'éliminer beaucoup de saveurs et d'odeurs désagréables. En installant le filtre dans les robinets d'eau potable, il n'est pas nécessaire de traiter toute la réserve d'eau, dont la majeure partie sert au lessivage et à la chasse d'eau. Il faudrait étudier de façon minutieuse les répercussions socio-économiques du traitement de l'eau potable dans le robinet.

Un grave inconvénient de cette approche est que ce traitement ne permet pas de protéger les organismes non humains de l'écosystème ni d'éliminer les effets préjudiciables sur la santé humaine de la consommation des autres espèces (comme le poisson) dans lesquels peuvent s'accumuler certains de ces polluants.

La virologie de l'eau reste un domaine obscur. L'efficacité des agents de destruction des virus et les effets secondaires de leur utilisation constituent des domaines de recherche indispensables.

507 Contrôle de la qualité de l'eau

La qualité ambiante des eaux superficielles détermine les utilisations de celles-ci. Réciproquement, les limites de certains paramètres de qualité sont calculées en fonction des utilisations désirées. Le contrôle de la qualité des eaux peut être de nature préventive ou corrective. Par exemple, les concentrations d'oxygène dissous dans une nappe d'eau peuvent être maintenues à des niveaux acceptables en restreignant la consommation d'oxygène. De façon réciproque, les déficiences d'oxygène peuvent être comblées par aération mécanique. Pour la majorité des cours d'eau naturels, le premier traitement constitue

l'unique solution pratique et la consommation d'oxygène doit être contrôlée à la source.

Selon tous les ateliers, les effets préjudiciables des pluies acides constituent un domaine d'une importance capitale. Une façon d'éviter la dégradation de la qualité de l'eau (dans ce cas, le pH) consiste en l'élimination du SO_2 à la cheminée. Il est également possible de contrôler le pH du lac local par l'addition de chaux. Les recherches en ce domaine sont loin d'être suffisantes. De nombreux autres contaminants sont également transportés par les dépôts atmosphériques.

Dans de nombreuses nappes d'eau, la charge de pollution due à l'utilisation des terres est considérable. Puisque ces sources de pollution sont non ponctuelles, toute mesure de restriction touchera un grand nombre de propriétaires fonciers. Les charges de pollution peuvent être réduites de façon notable par la mise en oeuvre de nouvelles techniques de gestion des terres comme la culture du maïs sans labours et l'établissement d'espaces gazonnées en bordure des cours d'eau. Dans ce cas, les gouvernements doivent sensibiliser le public à ces problèmes et l'inciter par des subventions à prendre des mesures pour y remédier. Il faut pour cela entreprendre des recherches dans les domaines socio-économique et agricole.

De nombreuses utilisations des terres à des fins non agricoles contribuent à la consommation des eaux. Le drainage des mines suscite de graves problèmes dans la région des Appalaches ainsi que dans la plupart des autres provinces. Il faut procéder à des recherches sur les méthodes de traitement ou de stockage des polluants ou sur la façon de modifier le processus de raffinage afin de réduire l'apport de déchets.

Dans certains cas, les communautés biologiques ont la capacité de réduire ou d'éliminer certains polluants. Par exemple, les problèmes de pollution par des substances toxiques sont relativement mineurs dans le lac Erié qui est caractérisé par une très forte activité biologique. Il semble que de nombreuses substances toxiques se fixent aux algues qui les amènent sur le fond. Les organismes des niveaux trophiques plus élevés comme le poisson extraient également les matières toxiques de l'eau. Il faut approfondir considérablement nos connaissances au sujet de ces phénomènes. Certains programmes de lutte contre la pollution risquent de créer plus de problèmes qu'ils n'en résolvent.

600 Aspects sociaux, économiques et institutionnels

Puisque l'être humain fait partie intégrante de l'écosystème de la terre, il est essentiel de tenir compte de l'individu et de ses institutions au cours de la planification de tout élément du système global. En raison de ce fait, la planification est un processus fort complexe comportant des facteurs socio-économiques et politiques. Cette catégorie traite de la planification, en accordant une attention particulière au rôle de l'être humain au sein de l'écosystème. A cet égard, les facteurs socio-économiques devront faire l'objet d'études approfondies.

601 Planification

La planification est essentiellement un processus qui se fonde sur des prévisions, c'est-à-dire qui concerne l'avenir. Il faut donc avoir recours à la modélisation afin de pouvoir extrapoler. Parmi les nombreuses techniques qui ont été mises au point dans ce but précis, mentionnons l'analyse des systèmes, la programmation linéaire, la théorie des probabilités et la simulation mathématique. L'atelier de Vancouver a traité des besoins de planification «stratégique». Ce genre de planification convient à des domaines très généraux : utilisations concurrentielles et impacts majeurs, modification des scénarios ou élaboration de divers scénarios possibles et défis que devront relever les gestionnaires. La planification stratégique vise à anticiper plutôt qu'à réagir. Elle est étroitement liée aux sujets traités dans le présent rapport. De quelles connaissances devront disposer les gestionnaires des ressources en eau à l'avenir, et quelles recherches devraient être amorcées actuellement afin de rassembler les données nécessaires? La planification stratégique est d'un niveau d'abstraction plus élevé que celui de la planification détaillée d'un projet particulier concernant des ressources en eau.

De toute évidence, les deux types de planification sont indispensables. La planification «stratégique» consiste essentiellement en des recherches socio-économiques. L'analyse et l'interprétation des facteurs socio-économiques doivent également jouer un plus grand rôle dans la planification classique de la gestion des ressources en eau. Dans de nombreux cas, il est important de considérer les solutions «non-structurales».

602 Processus d'évaluation

La décision de mettre en oeuvre un projet rationnel concernant les ressources en eau doit se fonder sur un

certain nombre de critères distincts. En général, la prise de décision se fonde principalement sur des facteurs politiques et économiques. Les facteurs économiques peuvent être évalués par des analyses coûts-avantages, mais il est difficile d'évaluer en dollars de nombreux autres facteurs qui doivent entrer en ligne de compte.

Des améliorations marquées des méthodes d'analyse coûts-avantages sont nécessaires, particulièrement en ce qui concerne les techniques d'analyse quantitative des facteurs sans incidences financières directes comme les répercussions sur les loisirs et l'environnement. D'après l'atelier du Québec, il est d'une importance capitale d'entreprendre des programmes de planification à long terme qui permettent de prévoir l'évolution future des facteurs économiques et environnementaux actuels. A cette fin, il faut habituellement prévoir divers scénarios. Il est à peu près certain que la simple extrapolation des conditions actuelles ne permettra pas de prévoir l'avenir avec certitude.

603 Etablissement d'un budget approprié, répartition des dépenses, coût et remboursement

Qui devrait assumer les coûts des projets d'envergure en matière de ressources en eau? Cette question suscite de nombreuses controverses. Dans bon nombre de cas, plusieurs paliers de gouvernement sont concernés. Le fermier qui utilise l'eau d'irrigation devrait-il payer une partie des coûts du réseau de distribution ou simplement le coût de l'utilisation de cette eau sur sa propriété? Dans quelle mesure les gouvernements doivent-ils assurer l'indemnisation des propriétaires fonciers qui s'installent sur une plaine inondable d'un cours d'eau ou sur le rivage sujet à l'érosion d'un lac? A cet effet, les recherches socio-économiques et en science politique sont loin d'être suffisantes. D'après l'atelier du Québec, il devrait incomber à l'utilisateur de payer les coûts des services comme les données des relevés hydrologiques du Canada. Les dommages ou les pertes subis par certaines parties en vue d'assurer des avantages à d'autres parties constituent un autre aspect à considérer. Il faut tenter de mettre au point des techniques améliorées qui permettent de résoudre ces conflits. A l'heure actuelle, le seul moyen d'indemnisation est de nature pécuniaire et l'on risque ainsi de ne pas accorder une attention suffisante aux facteurs sociaux ou politiques.

604 Besoins en eau

Selon l'atelier de Vancouver, il faut déterminer la demande future en eau. Il s'agit en réalité d'évaluer

cette demande en fonction des utilisations. Il faut déterminer la qualité, la quantité (ou, dans certains cas, la profondeur) d'eau nécessaire à la navigation, aux loisirs, au refroidissement, à la production d'énergie électrique, à la pêche, etc. Il faut prévoir ces besoins au cours de l'élaboration des scénarios futurs. La «gestion» de la demande constitue un domaine de recherche essentiel. Par exemple, la demande d'approvisionnement en eau domestique peut être réduite de façon considérable en installant des compteurs d'eau dans chaque foyer. Quelles sont les autres stratégies qui peuvent être mises en oeuvre? Dans certains cas, il a été nécessaire de rationner l'eau.

Il faut déterminer la qualité de l'eau nécessaire aux utilisations particulières et éviter d'utiliser une eau de premier choix lorsqu'elle n'est pas indispensable. Quels seraient les impacts socio-économiques d'un traitement effectué au point d'utilisation ou de l'installation de deux tuyauteries distinctes pour l'eau potable et non potable. Il y a cent ans, ce système était en vogue : l'eau potable venait d'un puits et les eaux pluviales servaient à la lessive.

605 Lois concernant l'eau

Afin de régler les problèmes de gestion des ressources en eau présentés antérieurement, il faudrait modifier les lois actuelles ou en élaborer de nouvelles. En ce moment, il existe deux approches divergentes à la mise en oeuvre de la loi sur les eaux. En vertu de la législation concernant les riverains, les propriétaires fonciers qui ont accès à l'eau en détiennent le droit d'usage. Selon la législation courante sur les droits d'usage de l'eau dans les régions scuffrant de «pénuries», les eaux constituent un produit qui se paie. Il faut trouver un moyen équitable de réglementer l'utilisation de vastes volumes d'eau des réserves souterraines.

La consommation de l'eau, qu'il faut distinguer de l'extraction, suscite certains problèmes fort épineux sur le plan juridique. Les procès au sujet de la «production artificielle de pluie» constituent un exemple parfait des complications légales qu'entraîne la «gestion» d'une ressource.

606 Aspects institutionnels

La gestion des ressources en eau s'effectue dans le cadre de certaines infrastructures établies. Divers paliers du gouvernement adoptent des lois en vue de réglementer la ressource et consacrent de vastes sommes aux projets qui

la concernent. En raison de leur infrastructure et de leur mandat, certains organismes sont plus en mesure d'assurer une gestion efficace des eaux tandis que d'autres sont soumis à de graves contraintes.

Par exemple, la Commission mixte internationale (C.M.I.) a été créée dans le but précis d'aider les gouvernements du Canada et des Etats-Unis à gérer efficacement les eaux limitrophes des deux pays.

Selon les recommandations de l'atelier d'Halifax, la création d'une nouvelle série d'organismes, les «autorités en matière de bassins versants», constituerait un moyen plus efficace d'assurer la mise en valeur des ressources en eau dans la région de l'Atlantique. Des recherches en science politique doivent être amorçées afin d'évaluer l'efficacité des organismes actuels et de proposer la création de nouveaux organismes plus efficaces.

Au cours des dernières années, de nombreux organismes non gouvernementaux (ONG) ont été créés dans le but d'orienter et d'organiser l'opinion publique. L'Enquête pollution d'Ottawa est l'un de ces nouveaux organismes qui tente de mettre en question «l'ordre établi», particulièrement en matière d'environnement.

Les organismes établis de longue date modifient actuellement leurs méthodes et encouragent la participation du public dans les processus de planification et d'évaluation des impacts environnementaux. Il y a lieu d'améliorer considérablement ces processus et d'accorder plus d'attention à la recherche socio-économique et en science politique.

D'après l'atelier de Vancouver, la planification devrait prévoir les développements futurs plutôt que de réagir simplement aux problèmes actuels pour leur trouver une solution. Cette recommandation a été appuyée par l'atelier du Québec qui préconisait une planification à long terme plutôt qu'à court terme.

607 <u>Aspects sociologiques et psychologiques</u>

«Il n'y a point de laides amours», et la façon de percevoir les ressources en eau permet de déterminer dans quelle mesure les gens sont prêts à appuyer la gestion de celles-ci. Les décisions politiques, par leur nature même, tiennent compte de l'opinion publique; la prise de conscience accrue du public vis-à-vis des problèmes de la pollution a entraîné la création hâtive des organismes de lutte contre la pollution des eaux entre 1965 et 1970.

Il faut effectuer des études afin de savoir ce que pense le public des ressources en eau et de la façon de les utiliser et de les protéger. Comment le public perçoit-il les tentatives faites par les organismes gouvernementaux pour réglementer et gérer ces ressources? Les équipes de planification des grands projets de gestion des ressources en eau devraient comporter des spécialistes des disciplines socio-économiques. Quelle réaction faut-il prévoir de la part du public face aux changements et à la réglementation? Comment atteindre un équilibre acceptable entre une sévère réglementation et la liberté d'action pour l'individu et l'entreprise privée? Dans quelle mesure l'individu est-il responsable de la préservation de la planète Terre?

608 Influence écologique des développements hydrauliques

L'être humain fait partie intégrante de l'écosystème, et tout grand projet d'exploitation des ressources en eau influe directement ou indirectement sur lui. Il faut poursuivre les recherches afin de prévoir ces conséquences. Quelles seront les répercussions que subira le fermier dont les terres sont inondées par un nouveau réservoir?

De nombreux projets relatifs aux ressources en eau sont d'une telle envergure qu'ils risquent de se répercuter sur la totalité de l'écosystème. Dans le nord du Québec, le projet de la Baie James a forcé de nombreux autochtones à aller s'installer dans d'autres régions et a modifié l'habitat des poissons et de la faune. La construction d'énormes barrages peut même provoquer des modifications locales du climat. Des poissons de lacs de grande taille remplaceront les petits mammifères. S'agit-il d'une modification écologique souhaitable? Elle vous semblera bien sûr souhaitable si vous préférez la pêche et la navigation de plaisance sur les grandes nappes d'eau plutôt que la chasse. La décision est très subjective. Quel sera l'impact des changements marqués du débit de la rivière La Grande sur la circulation dans la Baie James?

Le Projet de la Baie James est cité ici uniquement à titre d'exemple des types d'impact qui devraient être prévus avant la mise en oeuvre de tout projet d'envergure concernant les ressources en eau. En effet, d'après la thèse d'André Marsan, tout projet devrait constituer une méga-étude qui nous permettrait d'améliorer nos capacités de prévisions en vue des études ultérieures.

700 Répertoire d'information sur les ressources hydrauliques

La qualité de la gestion des eaux est directement

proportionnelle aux informations dont nous disposons au sujet de ces ressources. Les données quantitatives sur leur importance et leur qualité ainsi que sur leur variabilité dans l'espace et dans le temps sont indispensables à la planification de tout projet important. Etant donné que le Canada s'étend sur une vaste superficie et que de nombreuses régions demeurent inacessibles, les réseaux de collecte des données doivent être soigneusement conçus et les instruments employés doivent être très perfectionnés.

701 Etablissement des réseaux

Le rassemblement des données hydrologiques constitue une très lourde charge de travail et exige, dans les régions éloignées, des moyens logistiques très coûteux. Il est indispensable que la conception du réseau soit d'une efficacité maximale. L'atelier de Vancouver a souligné le besoin d'optimaliser les séries de paramètres mesurés. Il est essentiel d'obtenir des données en temps réel pour la gestion des crues par manipulation des réservoirs et pour les services d'avertissements de crue.

Il faut mesurer la hauteur des précipitations et l'accumulation nivale et trouver des méthodes d'extrapolation qui s'appliquent aux régions où il n'existe pas de station de jaugeage. Des techniques d'extrapolation améliorées pourraient permettre de réduire le nombre de stations de jaugeage. Les modèles des réseaux devraient se fonder sur l'analyse statistique et fonctionnelle des données antérieures.

702 Acquisition des renseignements

Il faut constamment étudier et faire avancer la technologie du rassemblement des données. Les méthodes actuelles exigent beaucoup de main-d'oeuvre et des moyens logistiques coûteux; par conséquent, le perfectionnement des techniques pourrait réduire considérablement les coûts.

L'intégration de réseaux qui permettent des contrôles quantitatifs et qualitatifs permettraient également de réduire les coûts en éliminant le double emploi. A cette fin, il faudrait assurer une meilleure formation des techniciens itinérants et il peut être nécessaire de consentir à des compromis dans le choix des sites.

L'automatisation des instruments ainsi que la prolongation des intervalles entre les travaux d'entretien seraient très avantageuses. Il existe actuellement des techniques d'affichage et de télémesure en temps réel, mais il faut mettre au point des techniques simples, moins coûteuses et plus efficaces.

Selon plusieurs groupes de travail, la télédétection serait sans doute utile pour le rassemblement des données hydrologiques et pour l'extrapolation des données de surveillance par «vérificaiton au sol» dans les régions dépourvues de stations de jaugeage. La détection du radar de la répartition des pluies est une autre technique qui doit être étudiée davantage et perfectionnée.

L'atelier d'Halifax a souligné le besoin d'améliorer le transfert des technologies depuis les recherches jusqu'aux opérations. La mise en oeuvre de projets pilotes dans les régions serait sans doute une démarche souhaitable.

D'après l'atelier de Regina, les ensembles de données doivent être compatibles. Il faut donc trouver des moyens de vérifier la compatibilité et mettre au point des techniques de manipulation qui permettent une compatibilité accrue des ensembles de données.

L'atelier de Toronto a recommandé l'échantillonnage et l'analyse des eaux interstitielles et la détermination des caractéristiques «in situ». Il est très difficile de calculer avec précision l'étendue, le débit et la qualité des eaux souterraines.

Dans les régions éloignées, les réseaux d'alimentation en énergie des stations d'échantillonnage doivent être améliorés; l'énergie solaire ou éolienne constituerait peut-être une solution de rechange valable. Il faudrait perfectionner les systèmes actuels de transmission des données par satellite afin de réduire les coûts et d'accroitre l'efficacité.

703 Evaluation, traitement et publication des données

Il faut évaluer la qualité des données recueillies sur le terrain avant qu'elles puissent servir à l'interprétation des conditions réelles. Il faut aussi améliorer les techniques de contre-vérification et de contrôle par redondance. L'interprétation des valeurs singulières est d'une importance particulière. Dans les stations automatisées, il faut prévoir l'étalonnage automatique ou à distance des tests. Des systèmes de contrôle par redondance de secours et à sécurité intégrée doivent être installés pour éviter la «perte de données». Les données doivent être rassemblées selon une présentation compatible avec l'ordinateur afin de minimiser la charge de travail que représentent le traitement et la publication.

Des améliorations notables pourraient être apportées à la présentation des données «publiées» ou mises à la

disposition des utilisateurs. La sortie sur support en papier constituera toujours un moyen utile de diffuser certaines informations restreintes. Toutefois, en général, les utilisateurs désirent recevoir les données sous une forme assimilable par l'ordinateur. Pour certains, il peut être très important de recevoir des informations supplémentaires sur le milieu où les données ont été rassemblées. Il faut donc rendre disponibles les notes prises sur le terrain et les autres renseignements descriptifs.

800 Travaux de génie

Les travaux de génie ont permis d'exercer un contrôle sur de nombreux paramètres des ressources en eau. Ces moyens de contrôle permettent et exigent à la fois la gestion de ces ressources. La création de nouveaux ouvrages plus efficaces permettra d'améliorer cette capacité de contrôle et de gestion. Il est essentiel d'entreprendre des projets de recherche et développement afin de trouver de meilleurs moyens de contrôle.

801 Spécification et conception

La conception des ouvrages de régularisation des ressources en eau résulte de l'application des données scientifiques recueillies au cours des recherches pures. Les «solutions» techniques de ce genre visent toujours à résoudre des problèmes, et il y a un besoin permanent de poursuivre les recherches appliquées qui permettent de résoudre les problèmes relatifs à la gestion des ressources par l'utilisation des données les plus fiables.

De nos jours, les ordinateurs permettent la simulation mathématique de nombreux processus liés aux ressources en eau. Les ordinateurs constituent un outil très efficace pour la conception des travaux de génie. Les modèles HEC du débit des cours d'eau et la prévision des niveaux de crue constituent de bons exemples des possibilités de cette technologie. Nous avons constamment besoin de modèles nouveaux ou améliorés.

En raison des besoins particuliers en matière de modélisation dans les milieux arctiques et subarctiques, il faut tenter de trouver des méthodes qui permettront d'adapter les modèles éprouvés dans d'autres régions aux exigences particulières du Nord canadien. Les surfaces glacées et les sols gelés (pergélisol) exigent de nouvelles études techniques.

802 Matériaux

Les matériaux disponibles influent considérablement sur la conception technique, et les nouveaux matériaux ou les

nouvelles utilisations de ceux-ci peuvent changer de façon marquée les principes de conception. A titre d'exemple, mentionnons l'apparition sur le marché d'une vaste gamme de matériaux techniques. Ceux-ci peuvent être utilisés pour former une membrane imperméable qui permet d'éliminer le suintement des étangs de stockage ou de stabiliser les fondations et les digues. En raison du climat froid du Canada, le choix des matériaux pose de nombreux défis et, dans certains cas, les recherches dans ce domaine peuvent être indispensables à la gestion des ressources.

803 Mode opératoire

L'efficacité des travaux de génie est fonction de leur mode d'exploitation. Dans certains grands systèmes, l'exploitation est assez complexe et il faudrait effectuer des recherches afin d'améliorer les règles de procédure. Par exemple, dans certaines usines d'épuration modernes, on utilise des appareils de contrôle automatiques où sont acheminées les mesures en temps réel des paramètres. Dans les vastes bassins versants dotés de plusieurs barrages et d'un réseau de sondes hydrologiques, on peut avoir recours à des ordinateurs afin d'optimiser la gestion de manière à satisfaire aux exigences de plusieurs utilisateurs. Les réseaux d'égout peuvent être conçus et exploités de façon à minimiser le débit de pointe à l'entrée des stations d'épuration. L'utilisation des ordinateurs offre une foule de possibilités pour accroître au maximum l'efficacité de diverses fonctions de la gestion des ressources en eau.

900 Gestion et protection de l'environnement

Cette catégorie n'existait pas dans le rapport de 1968. Elle a été créée afin d'intégrer les sujets d'actualité en matière de gestion de l'environnement et d'évaluation des impacts écologiques. Elle comprend également certaines études sur l'économie et les institutions. En général, elle regroupe les sujets qui ne peuvent être classés dans les autres catégories plus précises.

901 Niveaux des lacs

Grâce aux travaux de génie, nous avons actuellement la capacité de modifier le niveau des lacs en construisant des barrages aux exutoires. Il est donc possible d'influer de façon notable sur le régime naturel des niveaux. Nous ne faisons que commencer à comprendre les impacts de ces modifications sur de nombreux paramètres écologiques des lacs.

Nous avons déjà constaté l'impact sur le lac Athabasca du changement de régime de la rivière de la Paix dû à la

construction du barrage Bennett. D'après une étude récente de la CMI sur la proposition de régularisation partielle des niveaux d'eau du lac Erié, ce type de régularisation a un certain nombre d'effets préjudiciables sur le milieu. Les données à ce sujet sont très incomplètes et il faudra donc effectuer un grand nombre d'études. Même au cours de l'étude limitée qui a été effectuée au lac Erié, les chercheurs ont repéré des risques de perturbation pour les habitats des marais fréquentés par les poissons, la sauvagine et de petits mammifères, pour les aires de frai des poissons et la qualité de l'eau. Il faudrait procéder à de nombreuses enquêtes sur le terrain et à l'interprétation des données recueillies afin d'être en mesure d'effectuer des analyses quantitatives fiables de ces perturbations.

Selon l'atelier de Vancouver, il y a un besoin urgent d'étudier l'environnement des lacs dans le Nord et les répercussions qu'il faut prévoir en raison d'un certain nombre d'activités perturbatrices comme la modification du niveau de l'eau. Les réservoirs constituent un cas particulier où le «lac» est artificiel. Dans de nombreux cas, au choc initial de l'inondation viennent s'ajouter les effets de la baisse de niveau périodique prévue dans les directives d'exploitation.

902 <u>Régime des cours d'eau</u>

La modification d'un cours d'eau par des travaux de génie comme des barrages ou des digues ou par les travaux de dragage peut avoir un impact marqué sur son régime naturel, à la fois en aval et en amont. Les inondations qui se produisent derrière un barrage sont massives et évidentes. L'érosion en aval du barrage due à l'interruption du transport des sédiments et les carences d'oxygène causées par le rejet de l'eau du fond du réservoir constituent des perturbations moins évidentes qui sont toutefois d'une importance aussi capitale. Il y a destruction de l'habitat naturel de la faune et formation d'une nouvelle structure thermique dans le réservoir de retenue. Il y a aussi interruption de la migration en amont des poissons anadromes. Dans très peu de cas, s'il en est, les effets sont suffisamment connus pour permettre de faire des prévisions quantitatives à leur sujet. Il faut donc poursuivre les recherches afin d'améliorer la base de données de manière à être en mesure d'évaluer de façon plus précise les dégâts.

903 <u>Impact sociologique de l'amélioration de l'environnement aquatique</u>

La présence d'une nappe d'eau dans le paysage a un effet psychologique positif sur la majorité des gens. Le simple

fait de savoir qu'une nappe d'eau est polluée ou qu'un rapide étincelant et agité est disparu en raison de la construction d'un barrage provoque des effets psychologiques négatifs. Il faut poursuivre les recherches sociologiques afin de mieux comprendre ces phénomènes et, dans la mesure du possible, de les quantifier en termes économiques. Nous disposons de certaines techniques pour évaluer les répercussions économiques des perturbations qui nuisent à l'utilisation récréative d'une nappe d'eau, mais ces techniques doivent être améliorées.

904 Impact des mesures de protection de l'environnement sur les possibilités de développement

En général, le coût des mesures de protection de l'environnement est élevé. Il doit être transmis aux utilisateurs des biens ou des services concernés. En outre, l'entreprise qui doit prendre des mesures de protection qui ne sont pas imposées à d'autres entreprises du même genre est économiquement désavantagée. Par conséquent, l'imposition de mesures de protection de l'environnement peut avoir un impact négatif sur les collectivités locales. Ces risques d'impact sur les possibilités de développement sont encore mal compris et il faut donc procéder à beaucoup de recherches socio-économiques en la matière.

Catégories du rapport Bruce-Maasland

DESCRIPTION DES DIFFERENTES CATEGORIES DE RECHERCHES EN RESSOURCES HYDRAULIQUES

100. NATURE DE L'EAU.
La catégorie 100 traite de la recherche fondamentale au sujet de l'eau en tant qu'élément naturel.

101. Propriétés de l'eau. Etudes des propriétés physiques et chimiques de l'eau sans oublier son comportement thermodynamique dans ses différents états.

102. Solutions aqueuses et suspensions. Etudes des différents solutés sur les propriétés de l'eau; des interactions de surface; des suspensions colloïdales.

200. CYCLE DE L'EAU.
La catégorie 200 couvre l'étude des processus naturels impliquant la présence d'eau. Ceci représente un effort essentiel initial pour la progression des problèmes d'application des catégories subséquentes.

201. Général. Comprend les études impliquant au moins deux phases du cycle de l'eau tel que les modèles hydrauliques suivants: relations entre phase et écoulement, relations entre eaux de surface et eaux souterraines; Etude du partage territorial des eaux; de la géomorphologie.

202. Précipitations. Comprend l'investigation des variations de précipitations dans le temps et l'espace; des effets physiographiques; des variations saisonnières et tendances à long terme; des extrêmes; du maximum de précipitation probable; de la structure des orages; de la prévision quantitative des précipitations.

203. Neige et glace. Comprend l'étude de la présence et de la thermodynamique de l'eau à l'état solide dans la nature; des variations dans l'espace des neiges et gelées; de la formation de la glace; cycle de l'eau; glaciers, débâcles en rivière et sur les lacs.

204. Evaporation et transpiration. Comprend l'étude du processus d'évaporation des lacs, du sol, de la neige et des processus de transpiration des plantes; des méthodes d'estimation de l'évapotranspiration réelle; de la balance d'énergie.

205. Cours d'eau. Comprend la mécanique des courants; l'acheminement des crues; des remblais de bassin de réserve; des variations dans l'espace et le temps (qui comprend la fréquence des maxima et minima des cours d'eau); des sécheresses; des innondations.

206. Les eaux souterraines. Comprend l'étude de la mécanique des déplacements des eaux souterraines; des systèmes à phases multiples vers les puits et les drains; des effondrements de terrains; des propriétés des terrains aquifères; des intrusions d'eaux salines dans les terrains aquifères côtiers.

207. Les eaux d'infiltration. Comprend l'infiltration, l'écoulement et la réserve naturelle de l'eau dans des zones à l'air libre y compris dans la terre.

208. Lacs. Comprend le régime hydrologique, hydrochimique et thermique des lacs; la fluctuation du niveau des eaux; courants et vagues.

209. L'eau et les plantes. Comprend le rôle des plantes dans le cycle hydrologique; les besoins en eau des plantes; l'interception des précipitations.

210. Erosion et sédimentation. Comprend les études des processus d'érosion; la prédiction du rendement en eau des terrains; sédimentations; la sédimentation des lacs et réservoirs; l'érosion par les cours d'eau; l'évaluation des variations du lit des rivières.

211. Processus chimiques. Comprend l'interaction chimique de l'eau et de son voisinage naturel; la chimie des précipitations.

212. Les problèmes estuariens. Comprend les problèmes exclusifs aux voisinage des estuaires et des embouchures; les effets des marées sur les courants et leurs évolutions; la sédimentation dans les estuaires; l'intrusion des eaux marines dans les estuaires.

300. RESSOURCES HYDRAULIQUES, AUGMENTATION ET CONSERVATION.
Parallèlement à l'accroissement des besoins en eau, nous devons accorder plus d'attention aux méthodes permettant la conservation et l'augmentation des réserves disponibles.
La recherche de cette catégorie 300 est principalement axée sur les problèmes de ce genre.

301. Conversion des eaux salines. Recherche et développements relatifs aux méthodes de dénitrification des eaux de mer et des eaux saumâtres.

302. Amélioration de la production d'eau. Accroissement de la valeur du courant des cours d'eau ou amélioration de leur distribution à l'aide de programmes d'aménagement du territoire; récupération de l'eau des terrains imperméables; contrôle phréatophytique; suppression de l'évaporation des réservoirs.

303. Utilisation des eaux usées. Recherche sur les méthodes d'utilisation agricole des eaux de basse salinité; résistance des cultures à la salinité; utilisation industrielle des eaux de mauvaise qualité.

304. Conservation des eaux d'usage domestique. Méthodes réduisant la consommation domestique sans toutefois affecter la qualité du service.

305. Conservation des eaux d'usage industriel. Réduction à la fois de la consommation et de la diversité des besoins industriels.

306. Conservation des eaux d'usage agricole. Réglage d'irrigation plus efficaces; contrôle chimique de l'évaporation et de la transpiration; utilisation des eaux emmagasinées par les plantes; utilisation optimum de l'humidité du sol, etc.

307. Modification locale du climat. Stimulation artificielle des précipitations; modifications climatiques par modifications des surfaces de lacs et d'eau, etc.

400. RESERVES HYDRAULIQUE, CONTROLE ET GESTION.
Cette catégorie 400 comprend la recherche axée sur la gestion des réserves hydrauliques ainsi que des effets des activités connexes. Il est aussi question de la conservation.

401. Contrôle des eaux de surface. Effets de l'aménagement du territoire sur l'écoulement; l'irrigation; les pertes d'eau; etc.

402. Gestion des eaux souterraines. Réapprovisionnement artificiel; relation avec l'irrigation.

403. Effets sur l'eau des activités humaines. Impact de l'urbanisation, des coupes de bois, de l'élevage forestier, etc. sur la production et la rapidité des déplacements de l'eau.

500. QUALITE DE L'EAU, GESTION ET PROTECTION.
L'augmentation de la population accroît la quantité des rebuts et autres polluants qui se trouvent en fin de compte jusqu'aux réserves d'eau. La catégorie 500 traite donc des méthodes d'identification, de description et de contrôle de ces polluants.

501. Identification des polluants. Techniques d'identification des polluants physiques, chimiques et biologiques; mesures rationnelles sur la quantité et la qualité des agents de pollution.

502. Origine et effet final de la pollution. Détermination des sources de la pollution dans l'eau; nature de la pollution suivant les sources; trajet des agents de pollution de leur source jusqu'au cours d'eau ou aux nappes souterraines; prédiction des concentrations de pollution, y compris la prédiction par modèles mathématiques; effet de la couverture de glace sur la quantité d'oxygène dissout et éventuellement des polluants des lacs et cours d'eau, etc.

503. Effet de la pollution. Définition de l'effet prolongé des polluants, seuls ou en combinaison, sur l'homme, la vie aquatique, l'agriculture et l'industrie; eutrophisation; influence sur les polluants d'une couverture de glace de durée prolongée, etc.

504. Traitement des eaux de rebut. Recherche pour l'amélioration des méthodes de traitement conventionnelles afin d'accroître l'efficacité ou de réduire le coût; procédés pour le traitement de nouveaux types de rebuts; méthodes de traitement perfectionné pour une élimination plus complète des polluants y compris la purification pour le réemploi immédiat.

505. Enlèvement des rebuts. Entreposage définitif des résidus après traitement des eaux usées et des égouts; enlèvement des saumures; entreposage souterrains des rebuts.

506. Purification de l'eau. Développement de méthodes plus économiques et plus efficaces pour une purification des eaux convenant aux usages domestiques ou industriels.

507. Contrôle de la qualité de l'eau. Recherche pour l'édification de méthodes de contrôle de la qualité de l'eau des cours d'eau et des bassins de réserve, tel que par exemple, l'augmentaion de la vitesse du courant; Aération des réservoirs et cours d'eau; contrôle de la pollution naturelle; contrôle de la pollution par les pesticides et les produits chimiques agricoles; contrôle du drainage des acides miniers; contrôle de l'érosion et de la sédimentation. etc.

600. ASPECTS SOCIAUX, ECONOMIQUES ET INSTITUTIONNELS.
Les problèmes que présente l'accomplissement d'un plan optimum de développement hydraulique deviennent de plus en plus complexes. La catégorie 600 couvre la recherche visant à déterminer le meilleur moyen d'organisation, les critères de planification appropriés ainsi que la nature des aspects économiques légaux, aussi bien qu'institutionnels, du processus de planification.

601. Planification. Application des analyses de système pour l'élaboration de la planification; traitement des incertitudes; étude des probabilités; alternatives indépendantes.

602. Processus d'évaluation. Développement des méthodes, concepts et critères pour l'évaluation des avantages du projet, réduction des taux; durée du projet; méthodes couvrant les projections économiques, sociales et technologiques; fiabilité des projections; recherches visant à établir le degré de pureté satisfaisant à chaque utilisation.

603. Etablissement d'un budget approprié, répartition des dépenses, coût et remboursement. Recherche sur les méthodes du calcul des remboursements et d'établissement des prix pour les produits de consommation; techniques d'allocation des dépenses; répartition des dépenses; politique de remboursement.

604. Besoins en eau. Recherches sur la qualité et la quantité des besoins en eau pour différents usages.

605. Lois concernant l'eau. Etude des lois fédérales et provinciales concernant l'eau en vue de changements et d'additions ayant pour but d'encourager un emploi plus efficace de l'eau.

606. Aspects institutionnels. Investigation des structures et contraintes institutionnelles influençant les décisions au sujet de l'eau à tous les niveaux de gouvernements; étude des cas; problèmes juridiques.

607. Aspects sociologiques et psychologiques. Attitude face à l'emploi de l'eau; perception des responsabilité; adaptation aux changements, etc.

608. Influence écologique des développements hydrauliques. Effets causés par les opérations de gestion sur toute l'écologie, y compris l'écologie humaine, dans une région donnée. Ceci exclus les effets de la pollution mentionnés au paragraphe V-C

700. REPERTOIRE D'INFORMATION SUR LES RESSOURCES HYDRAULIQUES.
La planification et la gestion des ressources hydrauliques nécessitent la collation d'informations. Cette catégorie 700 traite des recherches orientées vers le choix des renseignements ainsi que des méthodes les plus efficaces pour accomplir ce choix. La collation des données de base n'est pas ici considérée comme recherche, mais les études des moyens pour améliorer la collation des données fait partie de la recherche.

701. Etablissement du réseau. Etudes de la valeur des renseignements et des méthodes les plus efficaces pour leur collation.

702. Acquisition des renseignements. Recherche sur la fabrication d'instruments nouveaux et sur l'établissement de techniques nouvelles et améliorées pour la collation des données relatives aux ressources hydrauliques. Ceci inclus les renseignements ayant trait à l'utilisation de l'eau ainsi que les dommages causés par l'érosion; équipement télémétrique.

703. Evaluation, traitement et publication des données. Etude des méthodes les plus efficaces pour le traitement des données; forme et caractère des renseignements publiés; carte des renseignements.

800. TRAVAUX DE GENIE.
L'application des plans de développement hydraulique nécessite des travaux de génie.
La catégorie 800 s'occupe de la recherche sur la conception, sur les matériaux et les constructions employés spécifiquement pour la gestion des ressources hydrauliques. Les travaux applicables à un but spécifique déterminé tel que la purification des eaux ou leur désinfection sont classés ailleurs si une autre catégorie convient mieux.

801. Spécification et conception. Etudes du fonctionnement des constructions hydrauliques; recherche touchant à l'amélioration du design des barrages, des canaux, des pipelines, des écluses, des passages de poissons et autres travaux nécessités pour le développement des ressources hydrauliques.

802. Matériaux. Recherches en vue d'améliorer les matériaux de construction existants déjà ainsi que le développement de matériaux nouveaux employés au contrôle des eaux et des constructions permettant le transport des eaux.

803. Mode opératoire. Recherches sur l'efficacité des procédés d'opérations et d'entretien pour le contrôle des eaux.

Index de l'annexe

Appalaches (région des), 14
  Gestion des estuaires, 15
  Foresterie, 16
  Gestion des eaux souterraines, 17
  Institutions pour la gestion des eaux, 18
  Exploitation minière, 17
  Collecte des données sur les ressources, 17
Aspects sociaux, économiques et institutionnels, 50
  Planification, 50
  Processus d'évaluation, 50
  Etablissement d'un budget approprié, 51
  Besoins en eau, 51
  Lois concernant l'eau, 52
  Aspects institutionnels, 52
  Aspects sociologiques et psychologiques, 53
  Influence écologique des développements hydrauliques, 54
Augmentation et conservation des réserves en eau, 35
  Conversion des eaux salines, 35
  Amélioration de la production d'eau, 36
  Utilisation des eaux usées, 36
  Conservation des eaux d'usage domestique, 36
  Conservation des eaux d'usage industriel, 36
  Conservation des eaux d'usage agricole, 37
  Modification locale du climat, 38

Bouclier canadien (le), 8
  Pluies acides, 8
  Elimination des déchets radioactifs, 9
  Foresterie, 9
  Energie hydro-électrique, 9
  Exploitation minière, 8

Cordillère (région de la), 1
  Dérivation inter-bassins, 3
  Myriophylle verticillé eurasien, 3
  Inondation, 3
  Foresterie, 4
  Eaux souterraines, 4
  Energie hydro-électrique, 1
  Irrigation, 4
  Utilisation multiple, 1
Cycle de l'eau, 26
  Général, 27
  Précipitations, 27
  Neige et glace, 28
  Evaporation et transpiration, 28
  Cours d'eau, 29
  Les eaux souterraines, 30

Les eaux d'infiltration, 31
Lacs, 32
L'eau et les plantes, 33
Erosion et sédimentation, 33
Processus chimiques, 34
Les problèmes estuariens, 34

Gestion et contrôle des ressources en eau, 38
Contrôle des eaux de surface, 38
Gestion des eaux souterraines, 39
Effets sur l'eau des activités humaines, 40
Gestion et protection de l'environnement, 58
Niveaux des lacs, 58
Régime des cours d'eau, 59
Impact sociologique de l'amélioration de l'environnement aquatique, 59
Impact des mesures de protection de l'environnement sur les possibilités de développement, 60
Gestion et protection de la qualité de l'eau, 41
Identification des polluants, 41
Origine et effet final de la pollution, 42
Effet de la pollution, 43
Traitement des eaux de rebut, 45
Enlèvement des rebuts, 46
Purification de l'eau, 47
Contrôle de la qualité de l'eau, 48
Grands lacs - Les basses terres du Saint-Laurent, 9
Drainage agricole, 14
Dérivations, 13
Eutrophisation, 12
Inondation, 13
Régularisation du niveau des lacs, 11
Gestion des eaux internationales, 11
Navigation sur le fleuve Saint-Laurent, 12
Pollution du fleuve Saint-Laurent, 14
Substances toxiques, 10

Nature de l'eau, 26
Propriétés de l'eau, 26
Solutions aqueuses et suspensions, 26
Nord (le), 18
Energie hydro-électrique, 19
Transferts inter-bassins, 19
Accroissement de la population, 19

Plaines intérieures, 5
Dérivations, 7
Demandes conflictuelles en eau de l'énergie et de l'agriculture, 6
Eaux souterraines, 7
L'eau dans l'agriculture, 6
Rareté de l'eau, 5

Problèmes multi-régionaux, 19
  Agriculture, 21
  Polluants atmosphériques, 20
  Foresterie, 21
  Gestion des eaux urbaines, 22
  Loisirs, 23
  Collecte des données sur les ressources, 23
  Aspects socio-économiques de la gestion des eaux, 24
  Substances toxiques, 20
Programmes fédéraux-provinciaux, 24

Répertoire d'information sur les ressources hydrauliques, 54
  Etablissement du réseau, 55
  Acquisition des renseignements, 55
  Evaluation, traitement et publication des données, 56

Travaux de génie, 57
  Spécification et conception, 57
  Matériaux, 57
  Mode opératoire, 58

POOR

QUALITY

ORIGINAL